### ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année 2007 - Thèse n° .66..

# LES ONDES DE CHOC EXTRACORPORELLES (ESWT): EVALUATION DE L'EFFICACITE CLINIQUE DES ESWT RADIALES AU MOYEN DE L'APPAREIL SWISS DOLOR CLAST VET CHEZ LE CHIEN

### **THESE**

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I (Médecine - Pharmacie) et soutenue publiquement le 3 Octobre 2007 pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

DEMARE Emilie Née le 11 Septembre 1983 à Narbonne (11)



Mise à jour : 02/01/2007

# DEPARTEMENT ET CORPS ENSEIGNANT DE L'ENVI Directeur : Stéphane MARTINOT

	PR EX	PR 1	PR2	MC	IPAC et ISPV	AERC	et d'enseignement
PERABLEMENT SANTE PILBI IONE VETERINAIRE							
Microbiologie, Immunologie, Pathologie Générale	Y. RICHARD			V. GUERIN-FAUBLEE D. GREZEL			
Pathologie infectieuse			A. LACHERETZ M. ARTOIS	J. VIALARD			
Parasitologie et Maladies Parasitaires	MC. CHAUVE	G. BOURDOISEAU		MP. CALLAIT CARDINAL L. ZENNER			
Qualité et Sécurité des Aliments				A. GONTHIER S. COI ARDELLE			
I égislation et Jurisprudence			TZ				
Bio-informatique - Bio-statistique				P. SABATIER ML. DELIGNETTE K. CHALVET-MONFRAY			
DEPARTEMENT ANIMAUX DE COMPAGNIE					017.00 100 0		
Anatomie			T. ROGER	S. SAWAYA	ME DUCLOS		
Chirurgie et Anesthésiologie		JP. GENEVOIS	D. FAU E.VIGUIER D. REMY		S. JUNOT (MCC) K. PORTIER (MCC) C. DECOSNE-JUNOT (MCC)	C.CAROZZO	
Anatomie-nathologique/Dermatologie-Cancérologie			C. FLEURY	T. MARCHAL	P. BELLI D. PIN		
Hématologie		C. FOURNEL		,	D. WATRELOT-VIRIEUX (MCC)		
Médecine interne		JL. CADORE		I. CHABANNE F. PONCE M. HUGONNARD			I. BUBLOT
Imanaria Médicala					J. SONET (MCC)		
DEDADTEMENT PRODUCTIONS ANIMALES							
Zonfachnie Fithologie et Economie Rurale		M. FRANCK		L. MOUNIER			
Nutrition et Alimentation				D. GRANCHER L. ALVES DE OLIVEIRA G. EGRON			
Biologie et Pathologie de Reproduction		F. BADINAND	M. RACHAIL-BRETIN	S. BUFF P. GUERIN	A. C. LEFRANC		
Pathologie Animaux de Production		P. BEZILLE	T. ALOGNINOUWA	R. FRIKHA M.A. ARCANGIOLI D. LE GRAND			G. LESOBRE P. DEBARNOT D. LAURENT
DEPARTEMENT SCIENCES BIOLOGIQUES				i c			
Physiologie/Thérapeutique				J.J. I HIEBAUL I J.M. BONNET-GARIN			
Biophysique/Biochimie		E BENOIT F GARNIER		T. BURONFOSSE			
Cénétin le et Biologie moléculaire			F. GRAIN	V. LAMBERT			
Pharmacie/Toxicologie Législation du Médicament		G. KECK	P. JAUSSAUD P. BERNY				
Langues					C. FAKMER T. AVISON		
DEPARTEMENT HIPPIQUE							
Pathologie équine		JL. CADORE		A. BENAMOU-SMITH			
Oliviano carrido	<u></u>	O. LEPAGE		A. LEBLOND	M. GLANGL		

### A monsieur le Professeur Claude Gharib

De la faculté de Médecine de Lyon

Qui nous a fait le grand honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse Hommages respectueux

### A monsieur le Docteur Vétérinaire Serge Sawaya

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Qui a initié ce travail Qui a su nous faire progresser et nous accompagner au long de ce travail Nos très sincères remerciements

### A monsieur le Professeur Eric Viguier

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury de thèse Qui a mis à notre disposition le tapis de marche et qui nous a expliqué ses principes Sincères remerciements

### A monsieur Le Docteur Vétérinaire Tong Le Quang

De l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Pour son aide précieuse tout au long de notre travail Pour sa disponibilité Sincères remerciements

### A mademoiselle le Docteur Vétérinaire Caroline Boulocher

De l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Pour sa participation aux expériences annexes Sincères remerciements

<b>A madame</b> De la socié	ne Claire Nagels iété Electro Medical System	
réali Pou	ur avoir mis à notre disposition de VetDolorClast® et av alisation de ce travail ur nous avoir proposé bon nombre de documents qui nou acères remerciements	
A tous les par ondes	es propriétaires qui ont amené leurs chiens et a ces de choc extracorporelles	ccepté le traitement
Sinc	ncères remerciements	

### A mes parents

Pour leur soutien de tous les instants, pour avoir supporté mes coups de blues, mes crises de larmes aussi bien que mes crises de rire... Et surtout, pour m'avoir offert de vivre dans une si belle famille.

Merci de m'avoir toujours donné les moyens de réaliser mes rêves, d'avoir accepté et accueilli mes poilus et d'avoir supporté l'envahissement progressif.

### **A Nicolas**

Parce que tu ne pouvais vraiment pas rester le seul docteur de la famille

### A Nathalie

Et à nos belles retrouvailles.

### **A Caroline**

Ma Blonde préférée!

### A Noémie

Ma p'tite Note de Musique qui résonne si joliment à mes oreilles...

### A tous leurs chéri(e)s, et aux petits bouts

qui grandissent si vite, si loin de moi.

### A un certain Tonton...(non, ça, ça ne se dit pas!)

Qui a permis l'exécution de cette thèse... Désolée pour les appels au secours réguliers...

### A toute ma famille

### A tous mes amis

Galou ma presque sœur

Chlochette ma fée, et Bonux

Soph'Soph' ma spéciale Carola Rouge

Nadège qui est toujours là, malgré ses hauts et mes bas (et vice versa)

Caro que j'ai même réussi à poursuivre à Lyon, avec beaucoup de plaisir d'ailleurs

Aurélia et Jean-Luc qui m'ont fait partager un merveilleux univers

A Céline, ma fillotte de clinique.

Isabelle et Clarel... et Rémi qui sont venus agrandir la famille pour ma plus grande joie

Annie et Guy qui m'ont accueillie si souvent

A Jess, Jimmy et Geneviève, pour m'avoir si gentiment accueillie

A Annick...et à Rhon Rhon la Terrible

Et aussi, bien sûr, à tous ceux que j'oublie sur le moment, mais à qui je penserai très bientôt en me mordant les doigts de ne pas les avoir cité (Gastounette est là).

### A tous ceux de l'école avec qui j'ai partagé des fous rires :

Chlochette, Soph', Delphine, Charlotte, Fanny V., Maud, Mymy, Céline, Ingrid, Nadège, Fanny G., Isa, Sandy, Béton, Anne-Laure, Caroline et tous les autres

### A mes co-internes:

L'aventure ne fait que commencer

### A tous les vétérinaires qui m'ont prise en stage

et particulièrement aux Docteurs La Marle, Azoulay, et Ferreira,

qui m'ont encouragée, poussée, et enseigné leur art, et ce, bien avant que je ne devienne étudiante. Je vous remercie d'avoir été là, et de m'avoir transmis cette passion qui me pousse en avant et me donne toujours l'envie d'apprendre et de progresser.

### Et à tous mes Poilus

qui m'ont donné amour, tendresse ... et matière pour réaliser cette thèse ! (pauvres cobayes !). Un merci tout particulier à Banjo qui a failli participer à ce travail, mais le stress était trop fort.

### Table des matières

	_
TABLE DES MATIERES	5
TABLE DES ILLUSTRATIONS	7
LISTE DES TABLEAUX	10
INTRODUCTION	11
INTRODUCTION	11
I/ L'ONDE DE CHOC : PRINCIPES PHYSIQUES, MODALITES D'ACTION :	12
I/ L ONDE DE CHOC : I RINCH ES I MOS COS, MO Estados	.12
A/ DEFINITIONS	15
1/1 1 - 1 - has facilisáes:	I J
3/1 de de aboa radialas:	
1/ Dil mingingles garactéristiques des ondes de choc radiales el 10calisees	
C/ PROPAGATION DES ONDES DE CHOC ET INTERACTIONS AVEC LE MILIEU	
1/D(C-12	
and the state of t	4 4
2/ Propagation des ondes de choc dans les milieux.  D/ QUE RETENIR POUR UTILISER LES ONDES DE CHOC EXTRACORPORELLES ?	27
THE DATE THE DESCRIPTION OF THE PROPERTY OF TH	
II/ EFFETS BIOLOGIQUES ET PROPRIETES THERAPEUTIQUES DES ONDES DE CHOC EXTRACORPORELLES	29
EXTRACORPORELLES	20
A/ Effet sur les cellules	29
D/Ferrors SUDIA DOUBLED	V
tit i i i i i i i i i i i i i i i i i i	
2/14 fortations doubourguege cher l'animal	,
2/2// and pégiques induits par le traitement aux onges de choc	
O/ A compart to the AARATOIDE :	**********
1/ Définitions :	14
3/ 1-4: auti inflammataire des ESWT	7 7
D/ EFFETS SUR LES OS	47
1/ Observations générales	49
2/ Mécanisme d'action des ondes de croc sur l'os	55
E/ Effets sur les tendons	59
1/14/ Destina des andes de chas sur les tendans	, , , , , , , , , , , , ,
2/ I William on the anautique des tendinopathies cliniques:	
E/ Engree of the Leg anicol Eq.	
C/ Empres our LE CARTH AGE DE CROISSANCE .	.,
TI/ Express and only tipes the ONDES DE CHOC EXTRACORPORELLES	
1/ Effete délétères sur le tissu cutané :	
1/ F.E. Allitana our las autres tiens .	
2/ Dilan - Précautions à prendre lors d'utilisation therapeutique des Unaes de Unioc Extracol	porenes
	/ #
I/ ONDES DE CHOC FOCALISFES VERSUS ONDES DE CHOC RADIALES EN THERAPEUTIQUE, SUR QUELI	LE9
BASES CHOISIR L'UNE OU L'AUTRE MODALITE :	
III/ETUDE DE L'EFFICACITE CLINIQUE DES ONDES DE CHOC RADIALES CHEZ LE CHI	'EN 74
PRESENTATION DES RESULTATS OBTENUS SUR 23 CHIENS	74
A / L LADDADEN CENEDATEID D'ONDES DE CHOC	74
1/ D. J. and Alexandra Parmarail: Swice Dolort Idel Velk)	• • • • • • • • • •
2/ Latinations d'atilisations de l'appareil Swiss Dolor Clast Vet	/ -
3/ Contre-indications à l'utilisation de cet appareil	70

	<i>77</i>
4/ Modalités pratiques générales :	78
B/ SUJETS:	79
B/ SUJETS:	79
D/ METHODES D'EVALUATION DE L'EFFET DU TRAITEMENT	79
1/ Evaluation clinique	80
2/ 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
THE PROPERTY OF THE PARTIES OF THE P	
LE I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	
Line in a land du traitament des nationales muscuto-tenumente des	C 241-4-1-
par ondes de chocs extracorporelles radiales chez le chien - discussion	
CONCLUSION	129
CONCLUSION	120
ANNEXES	130
AINTEALS	E DE
ANNEXE 1 : ECHELLE VISUELLE ANALOGIQUE PERMETTANT D'OBTENIR UNE EVALUATION DU SCOR	131
ANDIEVE 2 - PARTICULARITES PHYSIOUES DES ONDES DE CHOC EXTRACORPORELLES RADIALES DELS	VICEE
TO THE CHARGE OF CLAST VET® DE FMS SELON LA TETE UTILISEE.	
ANNEXE 3: PRESENTATION DES PROTOCOLES DE TRAITEMENT PAR ONDES DE CHOC EXTRACORPOR	134
PROPOSES PAR EMS (NYONS-SUISSE)	134
BIBLIOGRAPHIE 137	

### Table des illustrations

FIG 1: REPRESENTATION GRAPHIQUE D'UNE ONDE DE CHOC
ETC 2 · SCHEMA ILLUSTRANT LE PHENOMENE DE REFLEXION DES ONDES , ETD' ANNULATION
D'INE PARTE DE L'ONDE
ETG 2 - SCHEMA ECCALISATION DES ONDES SCHEMA
FIG A - PERPESENTATION SIMPLIFIEE D'UN GENERATEUR D'ONDES DE CHOC FOCALISEES,
AVEC UN MECANISME PIEZOELECTRIOUE
Era 5 - Prioto puni Piezovetir
ELG 6 - DEPRESENTATION SIMPLIFIEE D'UN GENERATEUR D'ONDES DE CHOC FOCALISEES
AVECANISME ELECTROMAGNETIOLIE
TIC 7 - DEDDESENTATION SIMPLIFIEE D'UN GENERATEUR D'ONDES DE CHOC FOCALISEES
AUTO LINEAR CANICAGE ELECTROHVOR ALLI IOLIF
ELC Q - DEPRESENTATION SCHEMATIOUE DU PRINCIPE DE CREATION DE L'UNDE DE CHOC
DATE TO
EIG O COREATION DE L'ONDE DE CHOC RADIALE DANS LA PIECE A MAIN DE L'APPAREIL
Swice DOLOPCI AST VET®
FIG. 10 · SCHEMA ILLUSTRANT L'ACTION DES ONDES DE CHOC AUX LIEUX DE CHANGEMENT
PART AND AND ACQUISTIONE
FIG. 1.1 · SCHEMA ILLUSTRANT LE PHENOMENE DE CAVITATION
FIG. 12 - ILLUSTRATION DES FORCES DE CAVITATION LORS DE TRAITEMENTS PAR UNDES DE
CHOC
FIG. 13 · FTAPES PRESUMEES DU PROCESSUS NOCICEPTIF PHYSIOLOGIQUE
FIG. 14 · LIBERATION D'LINE VERITABLE "SOUPE DE MEDIATEURS INFLAMMATOIRES ET
SENICIPILISA TELIPS" RESPONSABLE EN PARTIE DES SYNDROMES D'HYPERALGIE32
FIG. 15 · LES VOIES DE LA DOLILEUR : FIBRES ET CENTRES NERVEUX
Eta 16 - Mores Nociceptives TP AITEES ET TESTEES
FIG 17 · APPLICATION DE COURANTS POUR STIMULER LA NOCICEPTION
EXC. 19. ANALOGGIE CUTANIEE DES CHEVALIX TRAITES PAR ONDES DE CHOC
EVEN A CORPORE LES
EKO 10 - MAROUAGES BAMUNO-HISTOCHIMIOUES DES FIBRES NERVEUSES DE LA PEAU DE
PAT AVANT (" PRE ") TRAITEMENT, ET QUATRE JOURS (4D), SEPT JOURS (7D) ET VINGT
ET UNITOTIE (21D) ADDES TRAITEMENT PAR ONDES DE CHOC. LES FIBRES
ADDAD AISSENT RI ANCHES ET SONT INDIQUEES PAR LES FLECHES ROUGES43
FIG 20 · VUE GENERALE DES ONDES DE CHOC SUR LES MECANISMES INFLAMMA IUIKES 47
FIG. 21 · AUGMENTATION DU NOMBRE D'OSTEONS ACTIFS LORS DE STIMULATION PAR
ONDES DE CHOCS EXTRACORPORELLES : LA FIGURE DE DROITE (TRAITEE) MONTRE UNE
ELHOPESCENCE PLUS IMPORTANTE OUE LA FIGURE DE GAUCHE (NON TRAITEE)40
FIG 22 - ANALYSES HISTOLOGIOLIES DE TISSUS CICATRICIEL, APRES TRAITEMENT (COLONNE
DE CALICUE) D'UNIE ERACTURE PAR ONDES DE CHOC EXTRACORPORELLES, OU NON
(COLONNE DE DROITE) A ET B: PRELEVEMENTS A SEPT JOURS APRES FORMATION DE
I A EDACTURE C ET D. PRELEVEMENTS A VINGT-HUIT JOURS. E ET F. PRELEVEMENTS
A CRICULANTE CIV IOLIDS
FIG 23 · RESOLUTION DES LESIONS TENDINEUSES APRES TRAITEMENT AUX ONDES DE CHOC
EVED A CORPORELLES I 'IMAGE ECHOGRAPHIQUE DE GAUCHE MONTRE LE TENDON
AVANT TRAITEMENT. AVEC UNE LESION CENTRALE (FLECHE ROUGE), CELLE DE DRUITE
MONTRE UNITENDON SAIN APRES TRAITEMENT, AVEC UNE ZONE CICATRICIELLE
(FLECHE BLEUE)

Fig 24 : Radiographies de l'epaule droite (incidence medio-laterale) a	VANT (A)
ET ADDES TO AITEMENT (R) AUX ONDES DE CHOC EXTRACORPORELLES. LA	
CALCIFICATION (CERCLE BLEIL) INTERESSE LE TENDON DU MUSCLE SUPRA-E	PINEUX. 21
TOUBE ADDES LE TRAITEMENT ON NOTE UNE FRAGMENTATION DE L'IMAGE A	DENSITE
REDITOR AT E	
FIG 25 · LESION CUTANEE NECROTIQUE INDUITE PAR UN TRAITEMENT PAR ONDES	S DE CHOC
EXTRACORPORELLES. LA PHOTO DU HAUT MONTRE LA PEAU DU LAPIN AVAI	N I
TRAITEMENT CELLE DU BAS EST PRISE APRES APPLICATION DES ONDES DE C	CHOCS /U
EVO. 26 - I INSTEEDE CONTROLE DI L'SUISS DOLORCLAST VET	
GIG 27 · SHISS DOLORCI AST VET® : APPAREIL COMPLET, AVEC SOURCE D'AIR C	COMPRIME
FIG 28: INDICATIONS D'UTILISATIONS DES ONDES DE CHOC RADIALES CHEZ LE C	CHIEN
GELONG E EARRICANT DU SWISSDOLORCLAST VET®	/0
FIG 29 : EXEMPLE DE MESURE GONIOMETRIQUE EVALUANT L'ANGLE D'EXTENSION	ON DE LA
MANGIE CUE IN CHIEN	ov
ELG 20 : DESEAU DE CONNECTIONS ENTRE L'ORDINATEUR ET LE TAPIS DE MARCE	1E01
FIG. 31 · EXEMPLE D'UN CHIEN MARCHANT SUR LE TAPIS GAITKITE®	02
ELC 22 · EVEMPLE DE FICHE DE RESULTATS PROPOSES APRES TRAITEMENT DES D	ONNEES DE
LA MARCHE BAR LE LOGICIEL ADAPTE : EXEMPLE DU CHIEN ARTIC	
ETC 22 · DADIO DES HANCHES AVEC LINE ARTHROSE IMPORTANTE DE LA HANCHE	E GAUCHEO)
FIG 34; RADIO DES HANCHES, AVEC UNE RTCF A DROITE. PRESENCE D'ARTHRO	OSE DE LA
TIANCHE DDOITE	
FIG. 35 · I IFILID'APPLICATION DES ONDES DE CHOC EXTRACORPORELLES RADIALI	ES LORS DES
TRAITEMENTS D'ARTHROSE DE L'ARTICULATION COXO-FEMORALE	
ELG 26 · ARTICULATION COXO-FEMORALE: ARTHROLOGIE ET SITE CONCERNE PA	AR
L'ADDITION DES ONDES DE CHOC EXTRACORPORELLES	
FIG 27 · EVOLUTION DE LA SURFACE D'APPUI RELATIVE DU MEMBRE TRAITE AU	COURS DU
A TOWNS AND THE	
MEGLIBER ISSUES DES DONNEES APPORTEES PAR LE TAPIS GALLKITE®	74
ELG 29 - EVOLUTION DE L'INDICE DE SYMETRIE DE LA PMAX DES POSTERIEURS (	ru/ru)
POUR 5 DES CHIENS OUI ONT RECU UN TRAITEMENT BILATERAL DES HANCH	ies 90
ETG 20 · EVOLUTION DE LA PMAX RELATIVE DES POSTERIEURS GAUCHES ET DRO	JII2 DE
Durio	
AVAILBURG 1991 TO A STEMENT DES DONNEES RECUEILLIES PAR LE TAPIS UA	IIVIIC®, 7-
TIC 40 · EVOLUTION DE LA SYMETRIE PG/PD POUR LA PMAX D'APPUI DE BILKO	), ,90
VALEURS ISSUES DIL TRAITEMENT DES DONNEES RECUEILLIES PAR LE TAPIS GA	II KIIEW. N
FIG. 41 · FVOLUTION DU RAPPORT ENTRE LES PRESSIONS EXERCEES PAR LES MEI	WRKF2
ANTED IF IDS DAR RAPPORT AUX MEMBRES POSTERIEURS AU COURS DU TEM	APS9
FIG 42 · LIFIL DE TRAITEMENT (FLECHES BLEUES) DES MYOPATHIES CONCERNAL	NT LES
MUSCLES CALIDO-MEDIAUX DE LA CUISSE DU CHIEN PAR ONDES DE CHOC	
EXTRACORPORELLES RADIALES (PHOTO E.DEMARE, S.SAWAYA) (SCHEM BARONE)	A D'APRES
FIG 43: LIEU DE TRAITEMENT (FLECHE BLEUE) DES MYOPATHIES CONCERNANT	LE MUSCLE
CORPS DU MUSCLE GASTROCNEMIEN (VUE LATERALE) PAR ONDES DE CHO	C
EXTRACORPORELLES RADIALES (SCHEMA D'APRES BARONE)	9
FIG 44 A: EVOLUTION DU RATIO SURFACE D'APPUI DES ANTERIEURS PAR RAPI	PORT A LA
SURFACE D'APPUI DES POSTERIEURS.	10
SURFACE D'APPUI DES POSTERIEURS.  FIG 44B: EVOLUTION DES PMAX RELATIVES A L'APPUI DU MEMBRE TRAITE	10
FIG 44B: EVOLUTION DES PMAX RELATIVES AL AFFOT DO MEMBRE HE MANAGE FIG 45: LIEU DE TRAITEMENT (FLECHES BLEUES) DES TENDINOPATHIES DU TEN	DON DU
FIG 45: LIEU DE TRAITEMENT (FLECHES BLEUES) DES TENDINOTATIBLES DE TEN	OTOH'
wearing by Chull Dan Urithe the Lift at he fire the behind in the control of the	10

FIG 46: LIEU DE TRAITEMENT (FLECHES BLEUES) DES TENDINOPATHIES DU TENDON DU
GLOWD OWEN DAD ONDES DE CHOC EXTRACORPORELLES KADIALES (FROID
E DENARE S SAWAVA) (SCHEMA D'APRES BARONE)
FIG 47 A: EVOLUTION DU RAPPORT SURFACE DES ANTERIEURS/SURFACE DES POSTERIEURS
FIG 47 A: EVOLUTION DU RAPPORT SURFACE DES ATTERES RESIDENTES.
FIG 47B: EVOLUTION DU RAPPORT PMAX DES ANTERIEURS / PMAX DES POSTERIEURS 111
FIG 47B: EVOLUTION DU RAPPORT PMAX DES ANTERIEURS / TIMAS DES TOUTEN DE L'COVO 112
FIG 478: EVOLUTION DES PMAX RELATIVES DES MEMBRES POSTERIEURS DE L'COVO 112
FIG 49: EVOLUTION DE LA SYMETRIE PG/PD POUR LA PMAX, CHEZ L'COVO
FIG 49: EVOLUTION DE LA STIMETRIET OF D'ARTHROSE IMPORTANTE
FIG 50: RADIOS DO GRASSET ATTEMATICS DESCRIPTION DES ATTEINTES DU GRASSET (FACE FIG 51: LIEU DE TRAITEMENT (FLECHES BLEUES) DES ATTEINTES DU GRASSET (FACE
LATER ALE DUIS FACE MEDIALE) PAR ONDES DE CHOC EXTRACORPORELLES RADIALES
113
(PHOTO E.DEMARE, S.SAWAYA) (SCHEMA D'APRES BARONE)
ELC 52 - SPONDVI OSE DES ARTICULATIONS INTERVERTEBRALES LOMBAIRES
THE 52 - I ADM DO TO AUTOMENT (ELECHES RIFLIES) DES ATTEINTES DE LA COLUNINE
VERTEBRALE PAR ONDES DE CHOC EXTRACORPORELLES RADIALES (PHOTO E.DEMARE,
O (1 + x 7 + x 7 + )
FIG. 5.4 - LIEU DE TRAITEMENT (FI FCHES BLEUES) DES ATTEINTES DU COUDE (ABURD
A APPRAL DUIS ACCITAL) DAD ONDES DE CHOC EXTRACORPORELLES RADIALES (1 11010
E DEMADE S SAWAVA)
ELG 55 A ENGLUTION DU PAPPORT ENTRE LES PRESSIONS EXERCEES PAR LES MEMBRES
ANTERDIEURS DAD DADDORT ALLY MEMBRES POSTERIEURS AU COURS DU TEMPS 121
THE SC . EVOLUTION DE LA DMAY RELATIVE DES ANTERIEURS DE VANUA
FIG 50: EVOLUTION DU RATIO AG/AD DES PMAX CHEZ VANUA
FIG 57: EVOLUTION DU RAPPORT ENTRE LES PRESSIONS EXERCEES PAR LES MEMBRES
ANTERIEURS PAR RAPPORT AUX MEMBRES POSTERIEURS(A) ET PAR LE POSTERIEUR  125
GAUCHE PAR RAPPORT AU POSTERIEUR DROIT (B) AU COURS DU TEMPS
GAUCHE PAR KAPPOKT AU PUSTERIEUR DROFT (D) NO COOKE DE TEME

### Liste des tableaux

TABLEAU 1 : TABLEAU RECAPITULATIF DES CARACTERISTIQUES DES ONDES DE CHOC	
FOCALES ET RADIALES	21
TABLEAU 2: IMPEDANCE DES MILIEUX VIVANTS	22
TABLEAU 2 : IMPEDANCE DES MILIEUX VIVANTS	RER
TABLEAU 3: RESULTATS DE L'ETUDE REALISEE PAR ROMPE EN 1990 PAR ONDES DE CH	IOC
L'IMPORTANCE DE L'ENERGIE APPLIQUEE LORS DE TRAITEMENT PAR ONDES DE CH	60
EXTRACORPORELLES	
EXTRACORPORELLES.  TABLEAU 4: BILAN CLINIQUE DES CHIENS LORS DE LA PREMIERE CONSULTATION DE	89
	)E
TABLEAU 5: TRAITEMENT ET EVOLUTION CLINIQUE DES CHIENS TRAITES PAR ONDES I	92
CHOC EXTRACORPORELLES RADIALES	R
TABLEAU 6: EVOLUTION DE L'AMPLITUDE EN EXTENSION DES HANCHES TRAITEES PAI	93
TO CITE A CODDODE! I ES	
- The state of the	10.
TOTAL AND THE TOTAL A TOTAL A TOTAL AND THE	
DE PHYSIOTHERAPIE.  TABLEAU 8: MODALITES DE TRAITEMENT EST EVOLUTION CLINIQUE DES CHIENS EST EVOLUTION CLINIQUE DES CHIENS EST EVOLUTION CLINIQUE DES CHIENS	102
POUR MYOPATHIE	GMA
- A Come Contour remidile Del'APTR'ILAUGN DU CIENCO CACCIA DE MAI	O1121 -
area area area area area area area a	
TALL THE PROPERTY OF THE PROPE	1 1 1 1 1 1
TABLEAU 15: MODALITES DE TRAITEMENT ET EVOLUTION CLINIQUE DES CHIENS TRA	120
THE TENTO TO STORY TO A CODDOD FILES	
TABLEAU 16: EVOLUTION DES SCORES DE BOITERIE AU COURS DU TRAITEMENT	NIT DAD
THE TAX THE AUTHOR DEC MECHINE GONIOMETRICIES AU COURS DU INGLIENCE	141 1111
THE PARTY AND A CORPORE I EC PADIALES	
TO THE TAX A PRECENT A TION OF INJOINE DESCRIENS LORS DE LA PREMIÈRE CONSCET	ATION
TO A LONG THE TOTAL TERMENT FT EVOLUTION CLINIQUE DES CHIENS IN	TILD
PAR ONDES DE CHOC EXTRACORPORELLES.	143

### Introduction

C'est en arpentant les couloirs de l'Unité de Physiothérapie-Rééducation-Ostéopathie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, à la recherche de solutions miracles à tous les petits tracas de mes chiens, que j'ai découvert les ondes de choc extracorporelles radiales. Le principe a éveillé ma curiosité, et a, de surcroît, montré d'étonnants résultats sur les premiers chiens que nous avons traités. Le champ des possibilités à explorer avec l'utilisation de ces ondes, et les indications multiples chez le chien ont motivé la mise en place de ce travail de thèse.

La Thérapie par ondes de choc extracorporelles (ESWT pour Extracorporeal Shock Waves Therapy) est relativement récente en médecine vétérinaire. Les ESWT ont tout d'abord été utilisées, peu après la seconde guerre mondiale, afin de détruire les calculs rénaux et vésicaux sans s'astreindre à une intervention chirurgicale.

A partir des années 1990, les chirurgiens orthopédistes ont utilisé les lithotripteurs afin de traiter les pseudarthroses. Petit à petit, les médecins ont élargi le champ d'action des générateurs d'ondes de choc pour traiter différentes affections des tissus durs comme des tissus mous, et les générateurs d'ondes de choc ont été alors modifiés de façon à être adaptés à leur utilisation dans des cabinets médicaux.

En médecine vétérinaire, ce traitement a été appliqué en premier lieu chez les équins, chez lesquels les tendinopathies et desmites sont les indications principales de la thérapie par ondes de choc extracorporelles.

Chez les carnivores domestiques, en revanche, les Ondes de chocs extracorporelles n'ont fait leur premières apparitions dans l'arsenal thérapeutique des vétérinaires que depuis la fin des années 2000. Leur utilisation commence à se répande aux USA et en Europe (Allemagne, Autriche, Suisse en particulier) L'Unité Physiothérapie-Rééducation-Ostéopathie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon est, en France, le premier utilisateur des ondes de choc extracorporelles radiales pour le traitement des pathologies musculo-tendineuses et articulaires canines. Un appareil à ESWT radiales, le SwissDolorclast® a été mis à disposition de l'Unité pour une durée de 2 ans afin d'évaluer l'efficacité clinique de cette thérapie sur diverses affections chez le chien.

Sur quelles affections sont-elles efficaces ? Quelles en sont les modalités optimales d'application ? Les publications concernant l'utilisation des ondes de choc extracorporelles chez le chien sont encore très rares. Ce travail s'est donc essentiellement appuyé sur les études expérimentales sur les animaux de laboratoire, ainsi que sur les études cliniques réalisées sur les hommes et les chevaux, afin de comprendre, en premier lieu, les modalités de génération et d'action des ondes de choc extracorporelles, puis, leurs multiples actions, prouvées ou supposées, bénéfiques ou délétères, sur les différents tissus. Nous nous sommes attachés à exposer l'état des connaissances actuelles sur les mécanismes d'action des ondes de choc extracorporelles.

La troisième partie sera consacrée à l'exposé d'une étude clinique réalisée sur les chiens traités aux ondes de chocs radiales pour diverses affections rhumato-orthopédiques à l'Unité Physiothérapie-Rééducation-Ostéopathie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon.

# I/ L'onde de choc : principes physiques, modalités d'action :

Les ondes de chocs extracorporelles sont des ondes acoustiques générées à l'extérieur du corps, à faible fréquence et sous très forte pression. Elles se caractérisent par un pic de surpression très élevé, suivi d'un pic de dépression. Tout ceci en temps très bref, de l'ordre du microseconde ce qui leur confère une très grande énergie

### A/ Définitions

Une onde de choc est produite par un émetteur, et reçue par un récepteur. C'est une onde sonore et, comme toute onde mécanique, elle représente une variation de pression en fonction du temps. Cette variation de pression est un moyen de transmettre de l'énergie cinétique de l'émetteur au récepteur.

Plus particulièrement, une onde sonore devient onde de choc lorsque la vitesse de déplacement de la source (émetteur) est supérieure à la vitesse de propagation de l'onde dans le milieu, d'où une concentration des surfaces d'ondes sur un cône dont l'axe est donné par la direction du foyer. Une image simple est celle de l'avion supersonique (émetteur), qui « pousse » l'air devant lui, formant un cône de pression de l'air dont le sommet est l'avant de l'avion. Lorsqu'une des parois du cône rencontre un récepteur (un individu), celui-ci perçoit une détonation violente

« Une onde de choc est [donc] une impulsion acoustique », dont les caractéristiques sont une « courte durée d'ascension »<sup>1</sup>, mais avec une très forte variation de pression de façon à atteindre une pression supérieure à 100 Mpa (McClure, 2002), suivie d'une décompression plus lente, dont la représentation graphique est une exponentielle décroissante<sup>2</sup>. Elle se termine par une phase de tension, pendant laquelle la pression appliquée par l'onde est négative (entre –5 et –10 Mpa) (McClure, 2002), puis par un retour à la pression atmosphérique.

L'onde de choc est une onde sonore, caractérisée par une variation transitoire de pression, de très forte amplitude pendant un temps très court. La première phase, positive, correspond à la compression du milieu. La deuxième phase, négative, correspond à une mise sous tension du milieu. (Brissot, Lobel, 2004)

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>, <sup>2</sup> D'après EMS Swiss Dolor Clast Vet, lors d'une présentation des ondes de choc extracorporelles réalisée en 2000.

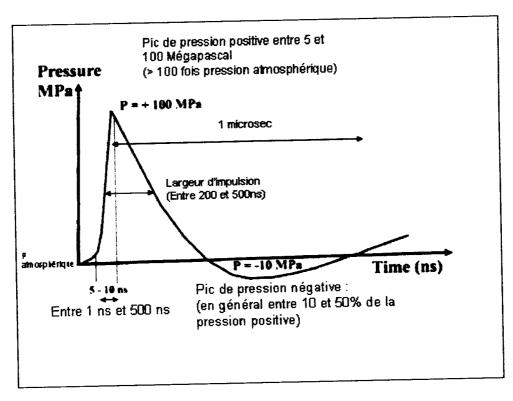


Fig 1 : Représentation graphique d'une onde de choc

D'après McClure, 2002

Cette augmentation rapide de pression fait que, lorsque la fréquence d'émission de l'onde est suffisante, le récepteur reçoit uniquement des fortes pressions. La diminution de pression s'annule grâce au retour des ondes, du au phénomène de réflexion de l'onde.

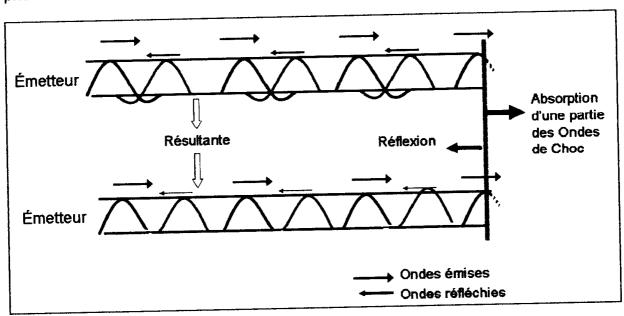


Fig 2 : Schéma illustrant le phénomène de réflexion des ondes , et d'annulation d'une partie de l'onde.

Les ondes de choc sont des infrasons, donc à la différence des ondes ultrasonores, utilisées dans un but diagnostic (échographie) ou thérapeutique, elles ne produisent pas de chaleur. Ces ondes ne se déplacent pas selon un schéma sinusoïdal, et les phases ascendantes et descendantes sont de durées différentes dans les ondes de choc.

Les paramètres physiques qui caractérisent chaque onde de choc sont :

- La pression positive maximale (P+) est la différence entre la pression positive maximale de l'onde de choc avec la pression atmosphérique. P+ atteint des valeurs comprises entre 5 Méga pascals (Mpa) et 120 Mpa
- La pression négative maximale (P-) correspond à la pression négative maximale de l'onde de choc, pendant la phase de tension. Elle atteint des valeurs comprises entre 10% et 20% de P+.
- Le temps d'augmentation de pression (Tr): il est défini comme l'intervalle de temps pour lequel la pression monte de 10% de P+ à 90% de P+. Tr est en général compris entre 1 et 500 ns.
- L'amplitude du choc (Tw) est l'intervalle de temps au cours duquel la pression passe de 50% de P+ pendant la première phase puis tombe en dessous de 50% de P+ pendant la phase de décroissance de l'onde de choc. Dans la plupart des cas, l'amplitude du choc est comprise entre 200 et 500ns. Cette valeur influence directement la densité du flux d'énergie. (Gerdesmeyer, Maier et al., 2002)

Comme toute onde sonore elles ne se transmettent pas dans le vide. On cherche donc à avoir un contact étroit entre le générateur d'ondes de choc et le milieu à traiter, de façon à limiter les pertes d'ondes liées à une moins bonne transmission dans l'air.

### Utilisation des ondes de choc extracorporelles en thérapeutique :

Dans le cas des ondes utilisées en thérapeutique, le récepteur correspond au tissu lésé, que l'on cherche à traiter. Quant au générateur, il en existe différents types, mais tous permettent la transformation d'une énergie mécanique ou électrique en ondes électro-acoustiques.

Si on adapte l'image de l'avion supersonique aux ondes de choc thérapeutiques, l'avion étant le générateur d'ondes, les ondes de chocs sont créées lorsque la fréquence d'émission des ondes (quelle que soit la façon dont ces ondes sont produites) est supérieure à leur vitesse de propagation.

Enfin, il est important, de préciser que les ondes de choc <u>extracorporelles</u> sont générées à l'extérieur du patient, et qu'il va leur falloir traverser différents tissus avant d'atteindre le tissu cible à traiter.

### B/ Les générateurs d'ondes de choc utilisés en thérapeutique

Il existe deux grandes classes de générateurs d'ondes de choc : soit les ondes sont focalisées sur la lésion à traiter, soit elles diffusent de façon radiale, et agissent sur toute une bande de tissu.

### 1/ Les ondes de choc focalisées :

### a/ définitions :

On appelle foyer d'un appareil générateur d'ondes de choc l'endroit où les ondes sont émises (premier foyer), et l'endroit où elles se rencontrent pour être focalisées (deuxième foyer). Ce deuxième foyer est parfois également appelé focus de l'appareil.

Un appareil générateur d'ondes de choc émet des ondes à partir d'une zone (premier foyer) ou de plusieurs zones. La réunion de toutes les ondes émises au point focal de l'appareil permet d'annuler ou de limiter les composantes latérales des ondes émises : l'onde est alors focalisée.

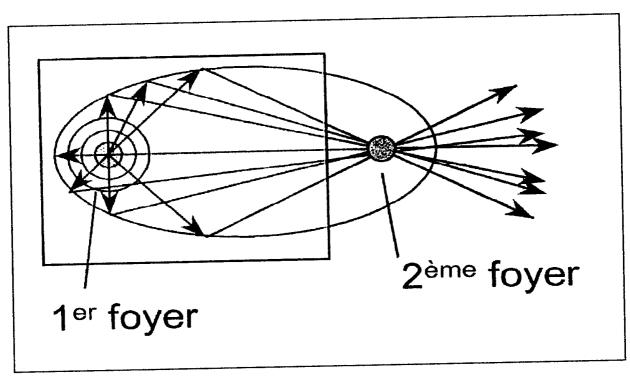


Fig 3 : Schéma focalisation des ondes schéma

D'après EMS Swiss Dolor Clast Vet, lors d'une présentation des ondes de choc extracorporelles réalisée en 2006

On peut calculer la distance entre la zone de tissu à traiter, et l'émetteur, de telle façon que le second point focal se trouve à l'endroit de la lésion sur laquelle vont se concentrer alors toutes les forces de pression. C'est pourquoi la lésion doit être préalablement localisée de la façon la plus précise car, une fois focalisées, toute la puissance de l'énergie mécanique des ondes sera concentrée

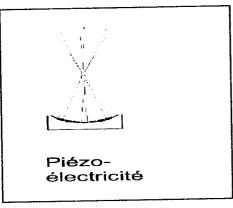
en ce point et les risques de lésions induites sur un tissu sain sont importants. (cf. notion cavitation)

### b/ les différents appareils générant des ondes de choc focalisées

Les générateurs d'ondes de choc sont constitués de trois parties : une source d'énergie électrique, un mécanisme de conversion électro-acoustique, et un dispositif de focalisation des ondes de choc. Il en existe actuellement trois types :

(Brissot, Lobel, 2004)

\_ Générateurs utilisant l'effet piézo électrique :



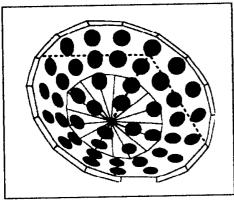


Fig 4 : Représentation simplifiée d'un générateur d'ondes de choc focalisées, avec un mécanisme piézoélectrique McClure, 2002

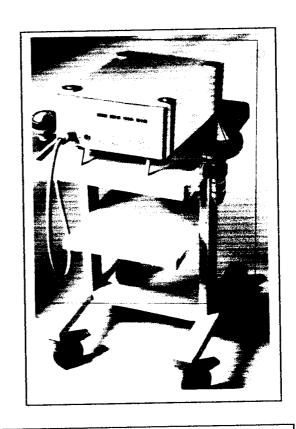


Fig 5 : Photo d'un Piezovet ®

L'effet piézoélectrique est du à la propriété de certains cristaux de se dilater et de revenir à la normale sous l'effet d'un courant électrique alternatif.

Par conséquent les systèmes piézoélectriques utilisent des matériaux cristallins, qui, lorsqu'ils sont stimulés par un courant de haut voltage, peuvent se

dilater ou se contracter, ce qui initie une onde de pression dans le fluide environnant.

Les cristaux sont placés sur un support semi-sphérique, de façon à ce que les ondes de pression soient dirigées vers un point focal. (McClure, 2002)

### - Générateurs utilisant l'effet électromagnétique :

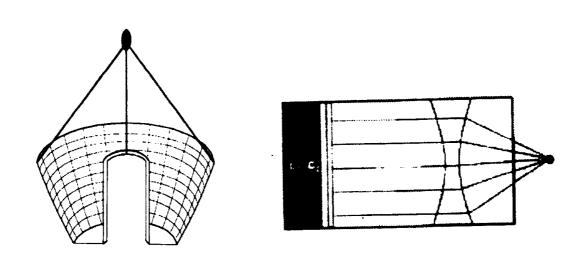


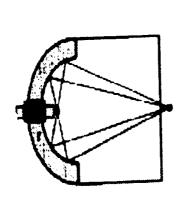
Fig 6: Représentation simplifiée d'un générateur d'ondes de choc focalisées avec un mécanisme étectromagnétique

McClure, 2002

Le principe est ici de créer deux champs magnétiques opposés, qui font bouger de façon cyclique une membrane immergée dans un fluide. On utilise pour cela deux bobines qui créent ces champs magnétiques lorsqu'on leur applique un courant électrique de haute fréquence (McClure, 2002). L'énergie électromagnétique est convertie en ondes de choc sonores par un convertisseur acoustique. (Lischer et al., 2002)

Les ondes de pression créées sont réfléchies par une sorte de « miroir » parabolique, ou traversent une lentille acoustique, de façon à les focaliser. (McClure, 2002) Ce système est en général couplé à une sonde échographique qui permet de définir de façon précise la cible à traiter. (Lischer et al., 2002)

### - Générateurs utilisant l'effet hydroélectrique :



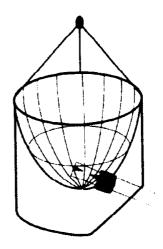


Fig 7 : Représentation simplifiée d'un générateur d'ondes de choc focalisées avec un mécanisme électrohydraulique

McClure, 2002

La méthode électrohydraulique met en jeu un arc électrique de haut voltage. Celui-ci génère des bulles de plasma (ce sont des bulles de molécules ionisées) qui compriment le liquide, initiant alors une onde de pression. (McClure, 2002)

Les ondes de choc ainsi générées sont dites sphériques, et elles sont libérées entre deux électrodes, puis réfléchies sur une ellipse métallique de façon à être focalisées sur la zone à traiter. (Lischer et al., 2002)

Chaque mécanisme crée une onde de choc de forme et de densité énergétique qui lui est propre, et on aboutit donc à une variation de la taille du focus (McClure, 2002), et donc à une variation des effets tissulaires selon le générateur utilisé. Mais, quel que soit le moyen de création de l'onde un principe reste constant : à chaque fois, on libère des salves d'énergie cinétiques, qui se transmettent de proche en proche.

### c/ Limites liées à l'utilisation des ondes de choc focalisées :

Avant toute application d'ondes de choc focalisées, il est nécessaire de localiser de façon précise la lésion. Mais on ignore encore le degré de précision à exiger lors de la détermination de la lésion.

D'après McClure (2002), lorsque la lésion est correctement diagnostiquée et située, le traitement n'a pas d'effets délétères régionaux ou systémiques. Il ajoute que, bien souvent, ce sont les outils d'imagerie qui créent un facteur limitant à la bonne utilisation des ondes de choc focalisées. L'idéal en effet serait

non pas d'avoir une image bidimensionnelle de la lésion, mais une visualisation tridimensionnelle afin de pouvoir utiliser pleinement les ondes de choc.

des images soit utilisent vétérinaires actuellement. les Or. radiographiques, soit un diagnostic échographique pour localiser la lésion, et s'arrêtent donc à une localisation bidimensionnelle du site à traiter. Ils n'ont donc qu'une grossière évaluation de l'aire lésée et peuvent donc créer des lésions dans des tissus sains en appliquant le traitement sur une zone plus large que nécessaire. Toutefois, il est important ici de signaler que cela reste quand même assez rare aux doses d'énergie préconisées dans le traitement des affections locomotrices.

Par conséquent, lors de traitement de lésions nécessitant l'utilisation de hautes énergies, il est bon de garder un guide échographique en parallèle de l'application des ondes de choc, de façon à ne pas « traiter » les tissus sains environnant la lésion. (McClure et al., 2003)

Il existe à ce jour trois types de générateurs d'ondes de choc focalisées : électro-hydrauliques, piézo-électriques, électro-magnétiques. Ces appareils délivrent des ondes de forte énergie, et nécessitent un repérage préalable de la lésion à traiter. Les ondes de choc sont ainsi focalisées sur cette lésion de façon à assurer une concentration d'énergie maximale au niveau de la zone à atteindre.

### 2/ Les ondes de choc radiales :

Ce type d'onde est qualifié de radial parce que les ondes créées se transmettent le long d'un axe. Elles sont émises à partir d'un point précis, le foyer. Avec ce type d'appareil, le foyer est l'extrémité de la pièce à main, à l'endroit où l'onde de choc est formée, et à partir duquel elle se propage dans les tissus.

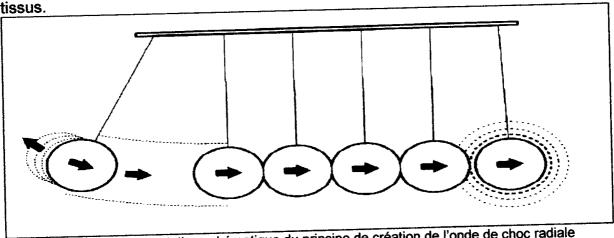


Fig 8 : Représentation schématique du principe de création de l'onde de choc radiale

schéma D'après EMS, Brochure explicative publiée en 2006

Le choc est créé par une décharge pneumatique, qui libère de l'air sous pression contre une tige métallique, laquelle est envoyée contre une cible ; cette cible constitue le foyer du générateur.

On obtient alors une onde de pression sur la peau et le tissu sous-cutané.

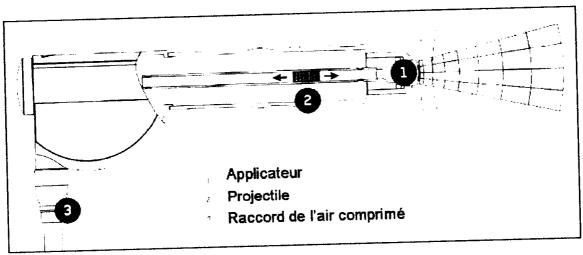


Fig 9 : Création de l'onde de choc radiale dans la pièce à main de l'appareil Swiss DolorClast Vet®

schéma d'après EMS médical, Brochure explicative publiée en 2006

Les fabricants des appareils à Ondes de choc radiales proposent en général un embout ou une pièce à main spécifiques qui permettrait de concentrer les ondes sur la zone à traiter, sans que cela ne les transforme pour autant en de véritables ondes focalisées.

La pénétration des ondes de chocs radiales est moins profonde et l'énergie libérée plus faible qu'avec les appareils à ondes de choc focalisées. Cette énergie décroit proportionnellement au carré de la distance parcourue. (McClure, 2002). L'efficacité maximale est estimée pour une pénétration de 3 à 3,5 cm de profondeur (Savalli, 2004). En pratique, cette profondeur d'action est suffisante pour le traitement de la majorité des affections susceptibles d'être traitées au moyen des ESWT chez le chien.

Lors de l'application des ondes de choc radiales, il est primordial de garder le meilleur contact possible entre la peau du patient et l'appareil, pour limiter au maximum la déperdition d'énergie dans l'air.

La production d'ondes de choc radiales est purement mécanique. Elle se fait grâce à la percussion d'un nez métallique d'un appareil à main par une bille d'acier, propulsée par de l'air comprimé. L'énergie délivrée s'épuise rapidement, sous la forme d'un gradient en forme de cône, d'une hauteur de 3 à 3,5cm. (Savalli, 2004)

# 3/ Bilan : principales caractéristiques des ondes de choc radiales et focalisées

Thérapie par :	Ondes de choc focalisées	Ondes de choc radiales
Ondes	Focalisées	Non focalisées
Point d'énergie maximale	Au focus de l'appareil	A la surface cutanée
Pression atteinte	Jusqu'à 100BarsJ	Jusqu'à 10 Bars
Temps d'augmentatior de la pression	Inférieur à 1 µs	1000µs
Onde de pression en fonction du temps	ESWT  80  90  40  20  Microseconds	RPWT  80 60 40 20 0 -20  Microse conds
Diagramme de la concentration de l'onde dan les tissus		

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des ondes de choc focales et radiales

d'après McClure S., 2002

### C/ Propagation des ondes de choc et interactions avec le milieu

### 1/ Définition:

L'impédance acoustique (Z) d'un tissu est sa capacité à arrêter, à absorber des ondes. C'est une notion qui se rapproche de la résonnance naturelle des matériaux, car quand un matériau entre en résonnance, il absorbe de l'énergie.

Les caractéristiques d'impédance sont propres à chaque milieu. Lorsqu'une onde arrive sur un récepteur avec une certaine fréquence, et que cette fréquence est la fréquence naturelle de vibration du récepteur, celui-ci entre en résonnance. L'énergie transportée par l'onde est alors absorbée. A l'inverse lorsque les fréquences sont différentes, l'onde se propage dans la matière.

Plus l'impédance d'un tissu est importante, plus sa capacité à absorber l'énergie transportée par l'onde est grande. De plus, quand l'impédance d'un matériel est très grande, celui-ci à une grande propension à dévier les ondes, donc on assiste à un relarguage d'énergie.

Tissu	Impedance acoustique [x 10 <sup>3</sup> Ns/m <sup>3</sup> ]
Air	429
Poumon	260-460
Graisse	1 380
Eau	1 480
Rein	1 630
Muscle	1 650-1 740
Os	3 200-7 400
Urolithe	5 600-14 400

Tableau 2 : Impédance des milieux vivants

D'après McClure, 2002

Les ondes de choc se propagent dans les trois dimensions de l'espace, et sont déviées sur le bord des zones de changements d'impédances, avec entre autres des phénomènes de réflexion et de réfraction des ondes. Le résultat est une libération d'énergie cinétique au niveau de ces jonctions tissulaires, et c'est ce phénomène qui est la cause des altérations tissulaires (McClure, 2002). Le rendu d'énergie cinétique transportée par les ondes de choc se fait donc au niveau des interfaces entre les tissus d'impédances différentes.

Cette notion d'impédance des tissus est le principe central qui permet d'expliquer l'action des ondes de chocs. En effet, elles agissent essentiellement sur les zones de changement d'impédance (McClure, 2002), par exemple, aux interfaces entre l'os et les tissus mous (jonctions os-tendon ou os-ligament), ou

aux passages entre zones saines et zones cicatricielles (muscle sain-muscle fibrosé).

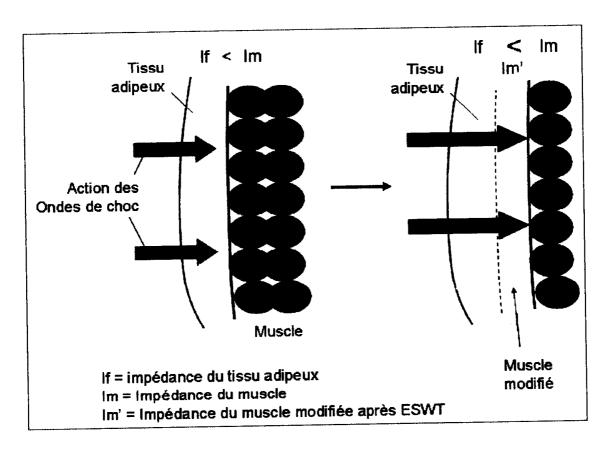


Fig 10 : Schéma illustrant l'action des ondes de choc aux lieux de changement d'impédance acoustique.

Lorsque l'onde de choc arrive à l'interface entre deux tissus d'impédance acoustique différente, une partie de l'onde est transmise et l'autre est réfléchie.

Plus la différence d'impédance est grande, plus la réflexion de l'onde est importante.

L'énergie ainsi dissipée produit des forces de cisaillement, qui, lorsqu'elles dépassent les capacités élastiques du tissu, rompent celui-ci.

Les ondes de chocs pénètrent les tissus, et sont absorbées par les premières couches du tissu sur lequel on désire agir. Ces couches entrent en résonnance, et absorbent l'énergie cinétique de l'onde. A force d'accumulation de cette énergie, ces couches sont détruites, donc elles changent d'impédance et les ondes peuvent agir plus profondément.

Les tissus sains sont a priori protégés, car leurs propriétés élastiques sont différentes de celles des tissus lésés et l'action des ondes de choc n'est donc pas la même.

Par contre, les ondes de choc de doivent jamais être focalisées sur des cavités remplies de gaz, comme les intestins ou les poumons. L'impédance acoustique de l'air est nettement inférieure à celle des tissus mous, et donc, virtuellement, toute l'énergie acoustique est réfléchie aux interfaces air-tissus mous. Par conséquent, il y a un maximum de pression sur cette interface, et donc des risques de lésions tissulaires considérables. (McClure, 2002)

### 2/ Propagation des ondes de choc dans les milieux

Plus le matériel est dense (impédance acoustique grande, cf. supra), plus l'onde est propagée rapidement.

### a/ notion de champs sonores :

Il est important de savoir comment vont se répartir les ondes de choc appliquées dans l'espace. La compréhension de ce phénomène nécessite la mise en place de plusieurs notions de la physique des ondes.

- La densité de flux d'énergie, exprimée en millijoules par millimètres carrés (mJ/mm²), représente la quantité d'énergie maximale transmise à travers une surface de un millimètre carré. Cette notion nous permet de distinguer les ondes de choc à hautes énergies (supérieures à 0,6mJ/mm²), et les ondes de choc à basses énergies (inférieures à 0,12mJ/mm²). (Brissot, Lobel, 2004). Elle détermine la « dose » d'administration des Ondes de choc.

### - La « -6dB focus »

Il faut pouvoir déterminer sur quel espace on va pouvoir espérer une certaine densité énergétique, c'est-à-dire la zone d'action réelle des ondes de chocs.

Elle est définie comme étant l'aire sur laquelle la pression atteinte est d'au moins 50% de P+. C'est cette zone qui est appelée la « -6dB focus ». Pour la majorité des générateurs d'ondes de choc, cette zone peut être représentée comme une ellipse en forme de cigare. (Gerdesmeyer, Maier et al., 2002)

### - Tache focale secondaire

La tache focale secondaire, est un autre volume, qui a également la forme d'un petit cigare et dans lequel l'énergie délivrée est d'au moins 5Mpa (5Mpa est défini comme étant le minimum efficace médicalement). (Brissot, Lober, 2004)

### - « 5 mm focus »

La notion de « 5mm focus » est utilisée pour décrire la distribution spatiale du flux énergétique le long d'un axe longitudinal. Elle est notamment utilisée du fait que la localisation des lésions se fait selon ce même axe longitudinal (profondeur de la lésion). (Brissot, Lobel, 2004)

Ceci est extrêmement important pour les ondes de choc focalisées. Les ondes de choc radiales ont à l'inverse, comme leur nom l'indique, une distribution linéaire, dans la continuité de la pièce à main. Plusieurs embouts sont généralement proposés, pour cette pièce à main. La pénétration maximale, les différents paramètres cités plus haut, l'énergie délivrée et sa concentration varient en fonction de leur diamètre (6, 10, 15 mm pour le Swiss-DolorClast ® - EMS, Nyons, Suisse).

Les caractéristiques des ondes de choc extracorporelles délivrées par le Swiss-DoloClast® sont présentées en annexe 2.

Les ondes de choc radiales se propagent sur une distance maximale de 35 à 45 mm de profondeur, tandis que les ondes de choc focalisées peuvent atteindre des lésions situées jusqu'à plusieurs dizaines de centimètres sous la surface cutanée.

### b/ Notion de cavitation

La cavitation est une conséquence de l'action des ondes de choc. Ces ondes exercent une pression au centre de la zone traitée (sommet de l'onde) et une dépression à sa périphérie. Dans cette zone de tension, les gaz contenus dans les tissus sont attirés et s'accumulent sous forme de bulles.

A l'échelle cellulaire, le phénomène a pour conséquence l'apparition de forces de cisaillement qui s'appliquent sur les membranes cellulaires (McClure, 2002), résultant de la pression exercée par l'onde d'une part et de la tension exercée en retour par la membrane qui cherche à retrouver sa forme première d'autre part.

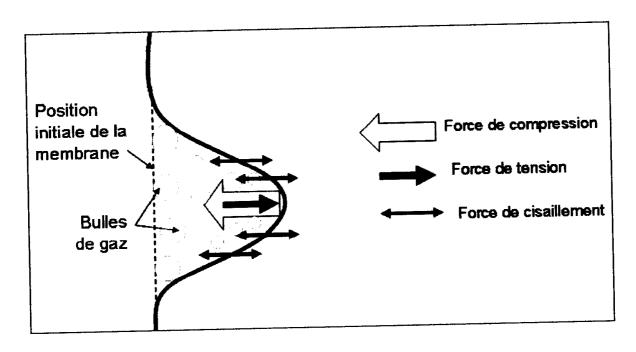


Fig 11 : Schéma illustrant le phénomène de cavitation

Si la cavitation est stable, et les bulles restent telles quelles : il n'y a plus de mouvement d'énergie.

Si elle est instable, une pression continue à être appliquée sur le tissu : la dépression périphérique s'accentue et les bulles se rétractent de façon à occuper un minimum de volume pour une surface la plus grande possible. Ceci s'intensifie jusqu'à l'implosion des bulles de gaz, implosion qui s'accompagne de micro-éclatements des tissus périphériques. Ce phénomène de cavitation instable est intéressant en thérapeutique pour rompre des lésions (McClure, 2002).

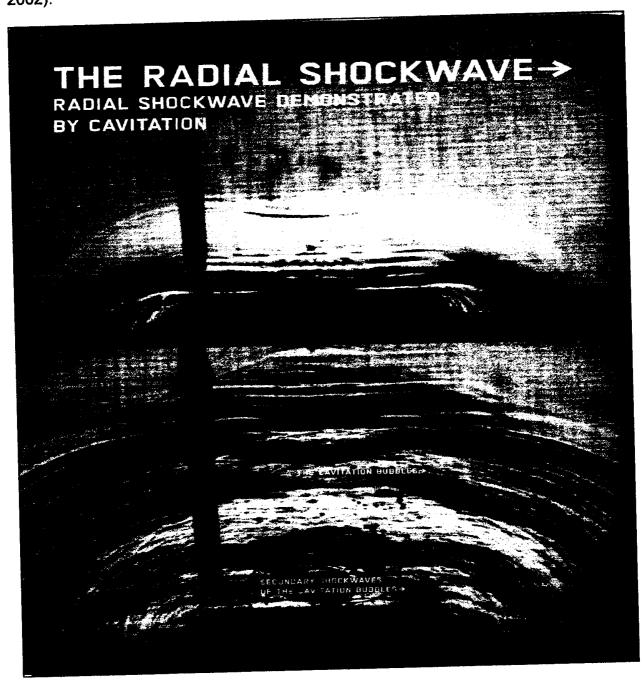


Fig 12 : Illustration des forces de cavitation lors de traitements par ondes de choc schéma d'après EMS, Brochure explicative parue en 2006

Ce phénomène de cavitation est extrêmement important à prendre en compte lorsqu'on utilise les ondes de choc : à cause du rôle des gaz, il est

## essentiel de ne pas utiliser les ondes de choc en périphérie d'organes riches en gaz, tels les poumons ou les intestins.

Le phénomène appelé cavitation est dû à la mise sous tension des tissus, et aboutit à la formation de bulles de gaz. Lorsque la cavitation est instable, les bulles de gaz implosent générant alors des microlésions des tissus environnants.

### b/L'effet « steepening »:

Lorsque des ondes sonores sinusoïdales traversent un tissu, elles appliquent des forces de pression et de compression sur ce milieu, ce qui modifie les propriétés élastiques du tissu. Par conséquent, la partie postérieure de l'onde ne peut pas aller à la même vitesse que la partie antérieure de l'onde. A cause de cela, il peut se créer une ondes de chocs secondaires au sein même du tissu, surtout lorsque la fréquence d'émission de l'onde par l'émetteur est supérieure à la vitesse de vibration du milieu.

L'effet steepening définit donc la transformation d'ondes sonores en ondes de choc au sein même des tissus qu'elles traversent.

### D/ Que retenir pour utiliser les ondes de choc extracorporelles ?

Les ondes de choc extracorporelles étant des ondes mécaniques, elles se propagent en ligne droite. Il est donc nécessaire de **se placer bien perpendiculairement à la lésion à traiter** avant de commencer l'application des ondes, de façon à n'atteindre que la zone en question, et non pas les tissus sains situés autour.

De plus, les ondes de choc extracorporelles se transmettent mieux dans les milieux d'impédance acoustique élevée, et perdent de leur énergie dans les milieux de faible impédance, comme l'air. Il est donc nécessaire d'éviter toute couche d'air entre le générateur et la cible. Il est donc conseillé de tondre la zone à traiter, et d'utiliser un gel de contact afin de garantir l'absence de film d'air entre le générateur d'ondes de choc et la peau du patient.

Enfin, les ondes de choc extracorporelles peuvent être responsable d'un phénomène de cavitation, dangereux pour les organes aériques. Il est extrêmement important de ne pas diriger le faisceau d'ondes de choc extracorporelles vers des organes tels les intestins ou les poumons.

L'action des ondes de choc, au plan physique uniquement, semble donc essentiellement passer par la destruction des zones remaniées. Cela nécessite cependant que les capacités de réparation du tissu sain en périphérie soient encore suffisantes ou puissent être stimulées de façon à ce que les microlésions induites par les ondes de choc puissent avoir une cicatrisation correcte. Il faut avoir une architecture correcte du tissu cicatriciel, et des nutriments en quantité suffisante pour cette cicatrisation.

### II/ Effets biologiques et propriétés thérapeutiques des Ondes de Choc extracorporelles.

Les ondes de choc extracorporelles (ESWT) sont actuellement de plus en plus utilisées en médecine vétérinaire comme en thérapeutique humaine essentiellement :

- 1) Pour leurs propriétés analgésiques à court et à long terme, améliorant significativement le confort de vie des animaux traités ainsi que de leurs propriétaires. (Bockstahler et al., 2005)
- 2) Pour leur capacité à « transformer » une inflammation chronique, délétère pour l'individu, en une inflammation aiguë, reconnue par l'organisme, et qui est la première étape vers la cicatrisation. Les ESWT semblent stimuler le métabolisme, entraînant une néo-vascularisation, augmentant la trophicité tissulaire, et favorisant la cicatrisation des tissus mous (tendons, ligaments) ainsi que l'ostéogénèse.

Pour autant, leurs effets sur l'organisme sont encore très incomplètement connus et expliqués.

Nous allons donc tenter ici de retranscrire les différentes découvertes acquises depuis une vingtaine d'années, de façon à mieux approcher leurs mécanismes d'action et essayer de comprendre leurs propriétés thérapeutiques.

### A/ Effet sur les cellules

L'effet moléculaire des ondes de choc semble être essentiellement dû au stress mécanique infligé aux cellules. Ce stress induit la libération de certaines substances de l'organisme, qui servent de messages entre les cellules. Ces substances sont appelées cytokines.

Le signal est complexe, produisant une situation de stress qui se traduit essentiellement à trois niveaux:

- En premier lieu, ces signaux activent les défenses cellulaires contre les effets des molécules de stress, et activent la production de radicaux libres (NO, CO, O-).
- Dans un deuxième temps, les ondes de choc ont une action pro-apoptotique, c'est à dire qu'elles accélèrent la venue de la mort programmée de la cellule vieillissante.

Les ondes de choc appliquées sur des tapis cellulaires entrainent des vides dès l'application à 0,01mJ/mm². Les capacités de régénération cellulaire diminuent dès que l'énergie appliquée augmente. (Haake et al, 1999)

 Enfin, elles accélèrent la réponse cellulaire face aux modifications de leur environnement, modifications qui leur sont potentiellement délétères. (Neuland et al., 2004)

Les ESWT semblent augmenter la perméabilité membranaire, stimuler la division et la multiplication des cellules, et accroître de façon concomitante la production de cytokines. (Redding, 2004)

Au niveau cellulaire, les ondes de choc extracorporelles renforcent les défenses contre les agressions externes, accélèrent la mort des cellules sénescentes et favorisent la multiplication des cellules jeunes.

### B/ Effets sur la douleur

L'effet analgésique des ondes de chocs extracorporelles a été maintes fois remarqué au cours du traitement de diverses affections chez l'homme à tel point qu'elles sont parfois utilisées uniquement pour cette action antalgique. (McClure, Weinberger, 2003)

### 1/ les mécanismes de la douleur

### a/ définitions :

La douleur est un système d'alarme. Elle nécessite une intégration des informations par le cerveau. Chez l'homme, la notion de douleur est définie par l'International Association for the Study of Pain comme étant une: « sensation désagréable et expérience émotionnelle en réponse à une atteinte tissulaire réelle ou potentielle, ou décrite en ces termes ». Elle fait intervenir une part de réflexion.

Chez l'animal il est question d'« expérience sensorielle aversive causée par une atteinte réelle ou potentielle qui provoque des réactions motrices et végétatives protectrices, conduit à l'apprentissage d'un comportement d'évitement et peut modifier le comportement spécifique d'une espèce, y compris le comportement social ».

L'ensemble de ces fonctions de l'organisme, qui permettent de détecter, moduler, percevoir, et réagir à des stimulations potentiellement nocives chez l'animal est la nociception (Troncy, Langevin, 2001)

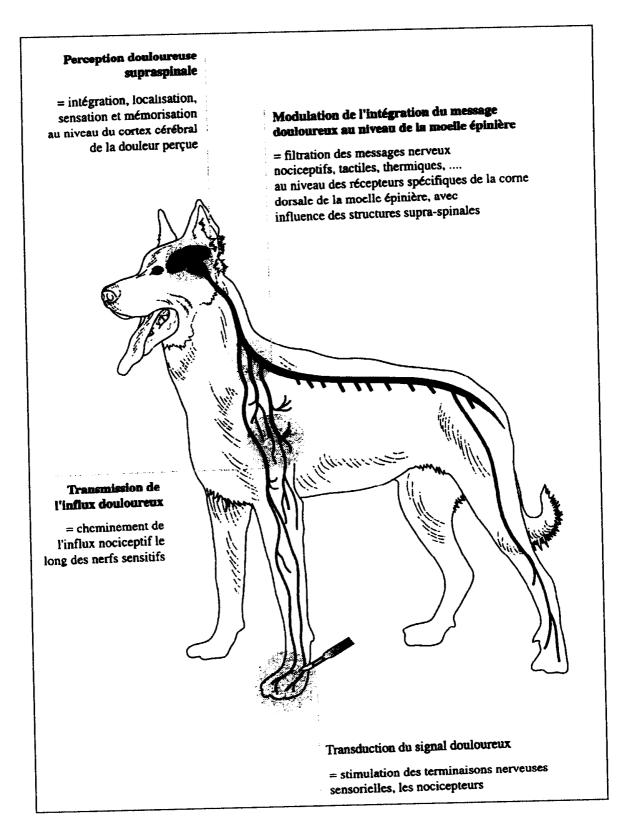


Fig 13 : Etapes présumées du processus nociceptif physiologique

Troncy, Langevin, 2001

On distingue ce mécanisme simple de transformation d'un stimulus en signal d'alarme, et qui se traduit par une douleur aiguë, d'un mécanisme plus complexe responsable de l'inflammation chronique.

Lors d'inflammation chronique, ce sont l'inflammation tissulaire et les lésions neurologiques qui augmentent l'intensité des stimuli douloureux. C'est un cercle vicieux : l'inflammation abaisse le seuil de sensibilité aux stimuli douloureux, donc la douleur apparaît plus rapidement, etc. ... On entre alors dans le cadre de la douleur pathologique. (Troncy, Langevin, 2001)

Il y a trois grands mécanismes de la douleur. Tout d'abord les douleurs par excès de nociception : un ensemble de médiateurs inflammatoires est libéré par les tissus lésés (« la soupe sensibilisante ») , ce qui enclenche le processus pathologique. Ces médiateurs sont des prostaglandines, des bradykinines, des leucotriènes, de l'histamine, de la substance P, de la sérotonine, ou encore des radicaux libres.

Ces médiateurs excitent les fibres nociceptives, et induisent alors une stimulation excessive des nocicepteurs abaissant leur seuil de stimulation.

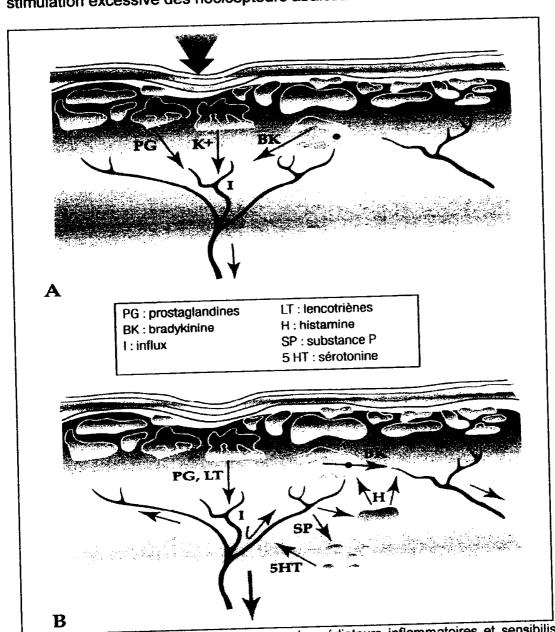


Fig 14 : Libération d'une véritable « soupe de médiateurs inflammatoires et sensibilisateurs » responsables en périphérie des syndromes d'hyperalgésie.

Le deuxième mécanisme est celui de la douleur neurologique : il y a alors des lésions des nerfs périphériques, ou des centres de la douleur au niveau du système nerveux central, d'où une décharge incontrôlée de potentiels d'action dans les fibres ou les centres de la douleur.

Le dernier mécanisme est celui de la douleur psychologique : le plus souvent, les émotions augmentent la douleur. Il est en général mis en cause chez l'humain, mais on peut logiquement élargir le concept à l'animal en prenant en compte les conditions environnementales.

L'inflammation chronique est responsable de la mise en place d'un cercle vicieux, dans lequel la douleur se trouve augmentée et prolongée. Plusieurs mécanismes participent à l'entretien de ce cercle vicieux : la libération de médiateurs qui excitent les fibres nociceptives et abaisse leur seuil de perception, la création de lésions nerveuses, et la mise en jeu des émotions.

### b/ Les voies de la douleur :

Quel que soit le contexte, le message douloureux naît au niveau des récepteurs de la douleur, puis est transmis le long des fibres  $A\delta$ , et C. Ces fibres sont présentes dans la peau, le péritoine, les plèvres, le périoste, l'os sous-chondral, les capsules articulaires, les vaisseaux sanguins, les muscles, les tendons, les fascias, et les viscères. (Tranquilli, Grimm, Lamont, 2000)

Ces deux fibres conduisent le message douloureux avec des particularités propres à chaque type : les fibres  $A\delta$ , myélinisées, fines, sont associées à la douleur vive, et liées à la stimulation des récepteurs mécaniques ; les fibres C, amyélinisées, sont liées à la douleur sourde. Elles conduisent le message douloureux plus lentement que les fibres  $A\delta$ .

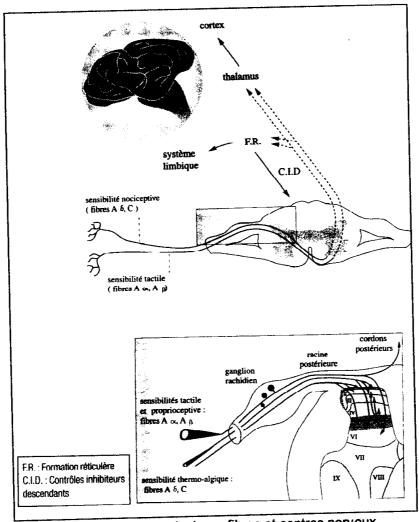


Fig 15: Les voies de la douleur : fibres et centres nerveux.

Troncy, Langevin, 2001

Si en plus, le stimulus a engendré des dommages dans les tissus environnants, alors, les fibres nerveuses sont accessibles à toutes les molécules libérées par les tissus lésés, et sont donc en permanence excitées : c'est l'allodynie.

La première synapse est située dans la corne dorsale de la moelle épinière. Les neurones se dirigent alors au cerveau, et aboutissent dans l'hémisphère opposé à la zone lésée. Ils ont pour cible les centres nerveux situés dans les tractus thalamiques et réticulés.

Dans le même temps, un arc réflexe est mis en jeu : il y a une connexion entre la corne ventrale et la corne dorsale de la moelle épinière.

L'un des mécanismes de contrôle de la douleur est justement placé à ce niveau, lors de la transmission du stimulus douloureux dans la moelle épinière. C'est la théorie du « Gate control » que Melzack et Wall ont introduite en 1965 : le signal qui arrive au cerveau est considéré comme une sommation de stimuli nerveux excitateurs et inhibiteurs. Par exemple, l'analgésie induite par l'acupuncture des points locaux est liée à l'excitation de fibres A inhibitrices, d'où une stimulation des interneurones inhibiteurs au niveau de la connexion entre les cornes dorsales et ventrales de la moelle épinière.

Le stimulus douloureux est donc transmis depuis les récepteurs jusqu'à la corne dorsale de la moelle épinière par les fibres Aδ et C. Après une synapse où le message est modulé, d'autres fibres le transmettent aux centres intégrateurs situés dans le cerveau.

# 2/ Manifestations douloureuses chez l'animal

Il est souvent difficile d'évaluer la douleur animale, les moyens d'y arriver étant toujours biaisés par l'appréciation de l'observateur. Récemment, il a été mis au point des échelles visuelles analogiques, qui sont adaptées à l'animal à partir des échelles existantes chez l'humain. Elles sont basées sur l'apparition et la disparition de certains comportements chez l'animal, mais cela reste totalement subjectif. (Duncan, Lascelles, 2004)

Un exemple d'échelle numérique est présenté en annexe 1.

La douleur se manifeste en général par l'augmentation de la pression artérielle, de la fréquence cardiaque, et de la fréquence respiratoire. On assiste aussi à une vasoconstriction périphérique (muqueuses pâles). On note parfois un leucogramme de stress. L'animal peut également émettre des vocalisations, ou bien modifier ses interactions avec l'humain ou avec ses congénères (sous forme d'agressivité, ou d'hypertimidité). Il y a parfois une baisse de l'appétit. Il faut cependant se souvenir que l'expression de cette douleur est différente selon chaque individu, les signes indiqués ici n'étant que des indications générales. (Tranquilli, Grimm, Lamont, 2000)

Le problème fondamental, c'est que la douleur ne peut pas être mesurée, elle peut juste être constatée. La nociception, par contre, est une notion fondamentalement mécanique et électrique, et peut être évaluée.

La douleur animale est difficile à mesurer. Les paramètres à prendre en compte seront donc essentiellement les modifications comportementales rapportées par leurs propriétaires ou soignants.

# 3/ Mécanismes analgésiques induits par le traitement aux ondes de choc

# a/ Observations expérimentales et cliniques :

### Chez l'homme:

Des études visant à mieux comprendre ce qu'on peut attendre d'un traitement par ondes de choc extracorporelles ont été menées chez l'homme.

En 2004, Cobian et al. ont traité 575 patients souffrant de tendinopathies chroniques, à l'aide de l'appareil Swiss Dolorclast® (EMS, Nyon, Suisse) délivrant des ondes de choc radiales. A l'issue du traitement, les patients devaient évaluer leur douleur à l'aide d'une échelle visuelle analogique. Les chercheurs ont constaté une importante amélioration de la douleur chez plus de 70% des patients. (Cobian et al., 2004)

De plus, lors d'une étude menée sur 63 patients souffrant de diverses pathologies locomotrices (tendinopathies, aponévrosites, enthésopathies, etc., l'équipe de Genty en 2000-2001 est arrivé à la conclusion que l'ancienneté des lésions n'entrait pas en jeu dans le pronostic douloureux. Les patients traités se sont trouvés soulagés (évaluation de la diminution de la douleur à hauteur de 60%), surtout lorsqu'ils ont pu recevoir plus de trois séances d'ondes de choc. (Genty, Schmidt, 2004)

Enfin, une étude rétrospective menée sur 102 patients traités pour épicondylite montre que l'analgésie induite par un traitement par ESWT est encore effective au moins 6 mois après la fin du traitement. (Von Keitz, 2001)

Les ondes de choc radiales ont donc montré leur efficacité dans le traitement de la douleur chez l'homme. L'analgésie est longue et semble dépendre essentiellement du nombre de séances plutôt que du niveau de douleur initial.

### Chez le cheval :

Une étude a été menée sur des chevaux par l'équipe de Bolt en 2004 pour tester leur sensibilité cutanée après un traitement aux ondes de choc extracorporelles. Les chevaux sont leur propre témoin, et les chercheurs testent le temps mis par ces animaux pour se soustraire à une stimulation calorifique appliquée sur leurs membres.

Cette étude n'a montré aucune différence significative pour le temps mis pour le retrait des membres, entre les stimulations sensitives faites avant ou après le traitement. (Bolt et al., 2004). Elle ne permet pas de conclure quant à une quelconque effet analgésique suite à un traitement aux ondes de choc.

Cependant, la majorité des études évaluant l'effet analgésique des ondes de choc extracorporelles a tendance à montrer le contraire.

Ainsi, une autre étude plus complète a été réalisée par McClure en 2002, toujours sur des chevaux, afin d'évaluer l'analgésie cutanée induite par un traitement aux ondes de choc.

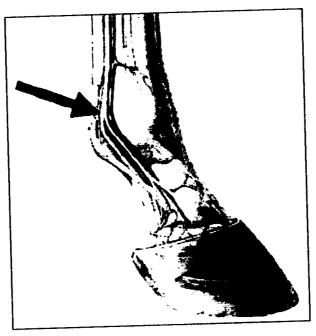


Fig 16 : Voies nociceptives traitées et testées

McClure, 2002

La sensibilité tactile des chevaux a été mesurée durant les trois jours précédant le début du traitement, afin de déterminer leur seuil douloureux. Le stimulus douloureux consiste en l'application de courants électriques dont on fait varier l'intensité.

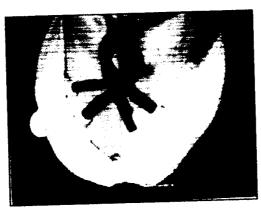


Fig 17: Application de courants pour stimuler la nociception

McClure, 2002

Les chevaux ont ensuite reçu leur traitement aux ondes de chocs focalisées ou radiale. Le seuil douloureux a été mesuré quotidiennement au cours des sept jours suivants.

Les chevaux traités présentent alors une analgésie cutanée durant les 4 jours qui suivent l'application des ondes de choc extracorporelles. (McClure, 2002)

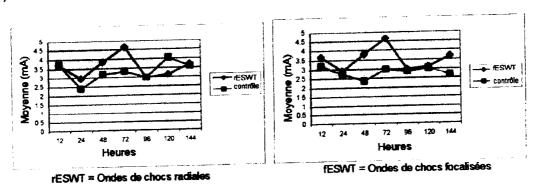


Fig 18 : Analgésie cutanée des chevaux traités par ondes de choc extracorporelles

McClure, 2002

De plus, vingt quatre heures après la séance d'ondes de choc, cette analgésie était comparable à celle induite par une anesthésie locale.

Cet effet analgésique des ondes de choc peut être reproduit sur de nombreux chevaux boiteux, souffrant d'une desmite du ligament suspenseur du boulet. (Lischer et al., 2002)

Cette étude montre qu'une analgésie mesurable est donc obtenue suite à des traitements par ondes de choc extracorporelles, qu'elles soient radiales ou focalisées. D'autres études montrent que cet effet des ondes de choc est reproductible.

### Chez le chien :

Aujourd'hui, plusieurs vétérinaires en Europe utilisent les ondes de choc radiales dans le traitement de pathologies locomotrices du chien (dysplasie des hanches, spondylose, arthrose). Les propriétaires rapportent souvent une amélioration « quasi-miraculeuse » de la mobilité de leur animal.<sup>3</sup>

Au cours d'une étude clinique récente menée sur 24 chiens souffrant d'ostéoarthrose (18 traités et 6 témoins), Mueller et son équipe (2007) ont mesuré le pic de la composante verticale de la réaction du sol et l'impulsion verticale au moyen de plateaux de forces adaptés sur un tapis roulant, avant, puis 4 semaines après la dernière séance d'un traitement aux ondes de chocs radiales.

Contrairement au groupe témoin, chez le chiens traités, il a été observé un rééquilibrage des appuis entre les deux membres postérieurs (disparition de la

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Testimoniaux, EMS Swiss DolorClast®Vet, White Book Ed 2006

différence entre les pics de force verticale et amélioration très significative des indices de symétrie). La réduction de la douleur a permis une amélioration de l'appui et de la mise en charge du membre affecté. Ces améliorations ont également été constaté dans les 3 mois puis 6 mois suivant le traitement. (Mueller, Bockstahler et al., 2007)

Dans d'autres cas il est rapporté une atténuation de la douleur plus tardive. Dans un cas clinique exposé par B. Bockstahler (2004), la réduction de la douleur n'apparaît vraiment significative qu'à partir de deux semaines après le début du traitement. Elle fut suivie d'une analgésie de longue durée : dans ce cas, les suivis à trois et six mois post-traitement ne permettent pas de mettre en évidence une boiterie ou une douleur, et l'animal a pu reprendre l'exercice de façon intensive. (Bockstahler et al., 2004)

L'analgésie induite par les traitements par ondes de choc radiales est donc réelle chez le chien. Elle intervient quelques semaines après le début du traitement et semble de longue durée.

# b/ Origines possibles de l'analgésie induite par les ondes de chocs

Il existe plusieurs théories quant à l'action antalgique des ondes de choc. On pense par exemple que la stimulation des nerfs périphériques active les mécanismes d'inhibition de la douleur, selon la théorie du « gate-control ».

Une autre proposition serait que les ondes de chocs altèreraient localement l'environnement chimique des terminaisons nerveuses, et perturberaient ainsi la genèse et la transmission du message douloureux.

On peut également penser que les ondes de choc provoquent une libération d'endorphines, d'où une réduction locale de la sensibilité à la douleur.

Une dernière théorie serait enfin que les ondes de choc endommageraient transitoirement les membranes cellulaires des neurones, d'où l'absence totale de formation et de transmission des signaux de douleur. 4

Il s'agit maintenant pour nous de voir dans quelle mesure ces théories sont justifiables.

# Vérification des différentes théories proposées :

Bien que lors de l'étude faite par Bolt et son équipe en 2003, le mécanisme par lequel on obtenait cette analgésie n'ait pas pu être découvert, il a été montré qu'une rééducation appropriée, avec une période de repos adaptée après le traitement par ondes de choc, était nécessaire pour obtenir un

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> EMS, Swiss DolorClast®Vet, White Book Ed 2006

remodelage correct des lamelles osseuses, et ainsi améliorer à long terme la gène locomotrice. Dans le cas contraire, il n'y a pas de remise au travail possible. Par conséquent, l'analgésie est réversible, et c'est la cicatrisation correcte des lésions qui serait responsable de la diminution de la douleur à plus long terme.

La conduction nerveuse est par ailleurs ralentie pendant les sept jours suivant un traitement par ondes de choc, ceci semblant être corrélé à des démyélinisations partielles des nerfs traités ainsi qu'à l'inflammation axonale, lésions présentes sur tous les nerfs traités. (Bolt et al., 2003)

L'analgésie induite par les ondes de choc extracorporelles semble être réversible, et semble due à des lésions inflammatoires des fibres nerveuses. A plus long terme, la diminution de la douleur semble être due à la cicatrisation de la lésion primitive.

Un autre mécanisme plausible serait une anesthésie par manque de neuropeptides, tels une baisse de la libération de substance P ou de CGRP (Calcitonin gene-related peptide), qui sont contenus dans les fibres nerveuses de petit diamètre. Ces fibres seraient détruites par le traitement aux ondes de choc.

La substance P et la CGRP ont été identifiées dans le périoste et les capsules articulaires chez de nombreuses espèces, et elles sont responsables du début de l'inflammation et de la sensation de douleur, notamment lors d'ostéoarthrose. (McClure, 2002)

L'équipe de Ochiai (Japon) a réalisé une étude sur 33 rats, pour étudier la réponse en terme d'analgésie à un traitement par ondes de choc à faible énergie (O,8 mJ/mm²) d'ostéoarthrose du genou. Elle a mis en évidence une augmentation significative du temps de marche suite au traitement par ondes de choc chez les rats traités par rapport aux rats non traités. Les chercheurs ont aussi analysé la concentration en CGRP dans les nocicepteurs articulaires et dans les ganglions nerveux. Cette substance est fortement diminuée en cas de traitement par des substances anti-inflammatoires, donc on suppose qu'elle joue un rôle dans l'expression de la douleur en cas d'arthropathies. Ils ont donc mis en évidence une nette diminution du ratio de neurones exprimant cette substance suite au traitement par ondes de choc extracorporelles, par rapport aux rats non traités. Cette différence est significative pendant les trois semaines qui suivent le traitement. (Ochiai et al., 2007)

Les ondes de choc extracorporelles diminuent le nombre de neurones exprimant la CGRP.

Lors d'une étude réalisée sur trente moutons, McClure a pu suivre les effets de la thérapie par ondes de choc sur les nerfs et les neurotransmetteurs. Les prélèvements analysés sont des échantillons de nerf, de peau, et de

périoste. Deux moutons ont été euthanasiés et prélevés chaque jour, pendant 14 jours, et ceci, en commençant juste avant de débuter le traitement. Les analyses ont consisté à mesurer la concentration en substance P et en CGRP dans la peau et le périoste, tandis que les nerfs ont été fixés dans du formol de façon à pouvoir analyser les modifications morphologiques associées au traitement.

Les résultats n'ont montré aucune différence de taux de neurotransmetteurs entre les membres traités et non traités. Cependant, il existait une inflammation périneurale et une tuméfaction axonale post traitement, que les ondes de choc soient focalisées ou radiales. Il semble donc que l'inflammation ait augmenté après le traitement et soit responsable de l'effet analgésique. (McClure, Weinberger, 2003)

Les analyses réalisées de façon à mesurer la concentration en neuropeptides ont montré qu'il n'y a pas d'influence des ondes de choc extracorporelles. Par contre, les fibres nerveuses présentent un œdème et une inflammation qui semblent responsables de l'analgésie constatée en post-traitement.

De son côté, Haake et al (2002) ont cherché à étudier les effets des traitements par ondes de choc extracorporelles sur la régulation de la substance P et de la CGRP au niveau de la corne dorsale de la moelle épinière, chez le rat. Les animaux traités reçoivent 1000 chocs, une à trois fois, à une énergie de 0,043mJ/mm² ou 0,11mJ/mm². Les analyses imunohistologiques, effectuées à quatre heures et à soixante douze heures après le traitement, ne montrent aucune modification des concentrations en substance P ou en CGRP au niveau de la corne dorsale de la moelle épinière. Par conséquent, le fait qu'il n'y ait pas de modification montre que les ondes de choc extracorporelles n'agissent pas sur la perception de la douleur en hyper stimulant l'analgésie. (Haake et al., 2002)

Une autre effectuée par la même équipe, un an plutôt, visait à comprendre l'action des ondes de choc extracorporelles sur le système endogène des opioïdes. Elle a été réalisée sur des rats soumis à des chocs à la dose de 0,04mJ/mm² ou 0,11mJ/mm². Les analyses immuno-histochimiques réalisées 4h et 72 heures après le traitement ne montrent aucune modification de la régulation des opioïdes endogènes (métencéphaline et dynorphine.), même lorsque le traitement est renouvelé. La conclusion est que l'analgésie induite par les ondes de choc extracorporelles ne semble pas être liée à une augmentation de la libération des opioïdes endogènes. (Haake et al., 2001)

Les études réalisées récemment semblent réfuter la thèse d'une analgésie due à une hyperstimulation des centres de la douleur (Gate Control Theory, libération d'endorphines).

De ces différentes études, il ressort que les ondes de choc extracorporelles ont essentiellement un effet sur la structure physique des nerfs, et n'entrent a priori pas en ligne de compte dans des modifications des concentrations en neurotransmetteurs. Leur effet est de créer une inflammation dans les tissus environnant les fibres nerveuses, créant un déséquilibre osmotique et physique autour des nerfs, et modifiant par là-même leur capacité à conduire le message douloureux.

### Action sur le nerf :

L'équipe de Schelling en 1994 a étudié les effets des ondes de chocs sur des nerfs sciatiques de grenouille. Ils ont réalisé quatre études successives.

Dans les deux premières, les nerfs sont conservés dans une solution à base de Ringer lactate, et on remarque que 95% des ondes de choc induisent un potentiel d'action. Celui-ci peut être localisé grâce à des doubles mesures réalisées à chaque extrémité du nerf, et on est donc en mesure d'assurer que ce potentiel d'action se transmet bien le long du nerf. Il est d'une amplitude moindre qu'un potentiel d'action généré par un signal électrique, mais possède la même vitesse de propagation.

Dans la troisième étude, le point focal de l'appareil générateur d'ondes de choc est placé à 6 centimètres du nerf : seuls 4% des ondes de choc induisent alors un potentiel d'action, et lorsque l'on favorise la formation de bulles de gaz, le pourcentage d'ondes générant un potentiel d'action augmente à 86%.

Dans la quatrième étude, les nerfs sont placés dans une solution de polyvinyle d'alcool, qui est un solvant limitant énormément les phénomènes de cavitation et le point focal de l'appareil est de nouveau placé sur le nerf. Dans ce cas, seuls 10% des ondes de choc induisent un potentiel d'action. (Schelling, 1994)

Cette étude montre que l'action des ondes de choc n'est pas uniquement directe sur le nerf, mais passe par la formation de bulles de gaz dues au phénomène de cavitation. Ce sont ces bulles de gaz qui vont agir sur les nerfs.

Donc on sait d'une part que les traitements par ondes de chocs sont suivis de lésions et d'inflammation réversibles des nerfs, et d'autre part, qu'ils induisent la formation de bulles de gaz, qui en éclatant sont responsables d'arrachement de matière autour d'elles.

On peut donc se demander si ce sont ces bulles de gaz, essentielles dans l'excitation des nerfs, qui seraient responsables de l'inflammation neurale, et donc d'une transmission moins « efficace » des messages douloureux.

En 2001, l'équipe de Ohtori a cherché à mettre en évidence les effets des ondes de choc extracorporelles sur l'innervation de la peau de rat. Les animaux traités reçoivent 1000 chocs d'une énergie de 0,08mJ/mm², et sont euthanasiés et prélevés ensuite deux jours, quatre jours, sept jours, quatorze jours et vingt et un jours après l'application des chocs. Les fibres nerveuses sont marquées par immuno-histochimie, grâce à des anticorps anti-PGP 9,5 (protein gene product 9,5) et des anticorps anti CGRP.

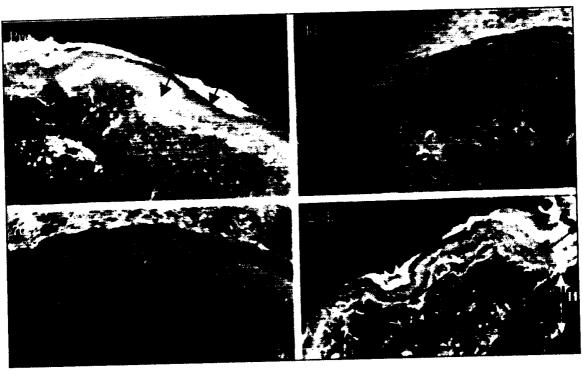


Fig 19 : Marquages immuno-histochimiques des fibres nerveuses de la peau de rat avant (« pre ») traitement, et quatre jours (4d), sept jours (7d) et vingt et un jours (21d) après traitement par ondes de choc. Les fibres apparaissent blanches et sont indiquées par les flèches rouges.

#### Ohtori et al, 2001

Dans des conditions normales, la peau de rats est faiblement innervée par des fibres immunoréactives à la CGRP et à la PGP 9,5. Les marquages réalisés après traitements montrent une dégénérescence complète des fibres nerveuses de la peau ; on remarque en effet une perte du marquage par les anticorps anti CGRP et anti PGP 9,5. La ré-innervation de l'épiderme débute environ deux semaines après le traitement.

Cette étude nous permet donc de penser que l'analgésie induite par les ondes de choc passe par la destruction totale des fibres nerveuses. Cependant, l'étude ne prend en compte ici que les fibres nerveuses cutanées, et d'autres études seront donc nécessaires pour pouvoir extrapoler ce résultat à tous les cas de douleurs, que les stimuli soient cutanés ou non.

Les ondes de choc radiales ont la même action sur les fibres nerveuses : Bolt et son équipe ont montré qu'un unique traitement par ondes de choc radiales pouvait causer des dommages sur les fibres myélinisées, entrainant ainsi de la neuropraxie. Cet effet semble être réversible. (Bolt et al., 2003)

En définitive, bien que le mécanisme précis ne soit pas connu, et que nous n'ayons encore que des « pistes » pour expliquer l'analgésie induite par les ondes de choc extracorporelles, cet effet antalgique est réel, évident et difficile à nier

Cela peut se révéler extrêmement dangereux, chez des animaux sportifs, de continuer la compétition ou l'entrainement sans perception claire de la douleur.

C'est pour cette raison qu'actuellement, l'application d'ondes de choc extracorporelles est considérée comme un acte dopant, et est donc interdite dans les semaines qui précèdent une course équestre. (McClure, 2002)

# C/ Action anti inflammatoire :

#### 1/ Définitions :

Le monoxyde d'azote (NO) est une molécule très instable, qui joue un rôle important dans les systèmes nerveux, immunitaires, et cardiovasculaires. Il est produit dans différents types cellulaires par au moins trois isoformes de NO synthétases : deux d'entre elles sont exprimées de façon constitutive : ce sont les enzymes neuronales et endothéliales. Leur activité est Ca ²+ et calmoduline dépendante. Elles entretiennent le niveau basal de monoxyde d'azote, qui entre en jeu lors de vasodilatation, d'angiogénèse, et de neurotransmission. Le troisième isoforme ne s'exprime qu'après stimulation par des molécules telles que le lipopolysaccharide des bactéries à gram négatif (LPS), l'interféron gamma (IFNγ), l'interleukine bêta 1 (II-β1), ou le tumor nécrosis factor alpha (TNFα). Toutes les cellules peuvent la produire, à partir du moment où le facteur de transcription NF-kB est exprimé. Lors d'activation de cet isoforme, des taux massifs de monoxyde d'azote sont produits, pouvant être la cause de douleur intense. (Ciampa et al., 2005)

# 2/ Action anti-inflammatoire des ESWT

Il est reconnu que la stimulation d'un tissu par les ondes de choc est suivie d'un phénomène de néovascularisation et d'augmentation du flux sanguin dans la zone traité. Connaissant ces effets, ainsi que le rôle du monoxyde d'azote, nous allons chercher à savoir si les ondes de choc induisent ou favorisent

l'expression de la NO synthétase induite, ce qui serait à la base de cette augmentation de vascularisation.

Il est à noter que les ondes de choc, mais à énergie bien plus haute que celle utilisée lors d'utilisation thérapeutique, sont à même de transformer in vitro le mélange entre la l-arginine et le peroxyde d'hydrogène en monoxyde d'azote. Il faut également savoir que, toujours in vitro, les ondes de choc augmentent le taux de NO synthétases actives.

En dernier lieu, il faut retenir que lors d'inflammation, le taux de monoxyde d'azote est massivement augmenté, suite à l'activation du facteur NF-kB. Donc il s'agit maintenant de savoir si les ondes de choc ont un rôle sur ces différents facteurs, et quelles sont leurs modalités d'intervention dans le contrôle de l'inflammation.

L'étude de Mariotto et al (2005), a pour objectif de montrer dans quelle mesure les ondes de choc extracorporelles modulent la production de monoxyde d'azote dans les cellules humaines de veines ombilicales, dans des conditions cellulaires normales, ou dans un environnement mimant l'inflammation. Le traitement consiste en l'application d'ondes de choc à une énergie de 0,03mJ/mm² (Nombre de chocs appliqués variant de 500 à 1500 ).

On note dans des conditions cellulaires normales une augmentation rapide de l'activité des NO synthétases endothéliales (eNOs), l'augmentation étant dépendante du nombre de chocs, avec un pic à 1000 chocs. On constate également l'augmentation de la production cellulaire de monoxyde d'azote.

La concentration en monoxyde d'azote est réduite lorsque les cellules sont mises en culture avec un inhibiteur de l'eNOs, donc c'est bien l'eNOs qui est responsable de la production de monoxyde d'azote intracellulaire. Les ondes de choc extracorporelles favorisent également la déphosphorylation des tyrosines présentes dans les eNOs, permettant leur « recyclage ». On rappelle que l'activité de l'eNOs est dépendante de la phosphorylation des tyrosines et des sérines.

Lorsqu'on mime une situation inflammatoire en mettant les cellules en culture avec du LPS et de l'IFNy, les ondes de choc extracorporelles permettent une augmentation de 30% de l'eNOs dont la production de monoxyde d'azote comble le déficit du à l'inflammation.

Enfin, lorsque la cellule est soumise à une situation inflammatoire, et que la concentration en monoxyde d'azote n'est plus correctement régulée, on montre que la diminution du taux de monoxyde d'azote est réversée par l'application d'ondes de chocs. Cette réversion est inhibée par l'administration de L-NAME, qui est un puissant inhibiteur de eNOs. (Mariotto et al., 2005)

Les ondes de choc extracorporelles permettent de limiter l'action délétère de l'inflammation en régulant le taux de eNOS, et donc en régulant la production de NO.

Dans l'étude de Ciampa, on étudie les effets des ondes de choc sur la modulation de l'activation des NO synthétases, sur la production de monoxyde d'azote, et l'activation du facteur NF-kB, ainsi que sur l'expression de la NO synthétase inductible et la production de l'ARNm du TNF alpha, dans des cellules gliales de rat. Ce sont des cellules dont la lignée est capable d'exprimer de façon constitutive la NO synthétase neuronale et la NO synthétase inductible. (Ciampa et al., 2005)

Les chercheurs ont ainsi montré que la stimulation des cellules par des ondes de choc (avec une énergie compatible avec la biologie) augmentait l'activation des NO synthétases non inductibles, permettant de maintenir le niveau de monoxyde d'azote.

Dans les conditions d'inflammation, les cellules atteintes voient leur production de monoxyde d'azote diminuer, jusqu'à un seuil minimal qui induit l'activation du facteur de transcription NF-kB. C'est à ce moment là que la NO synthétase inductible est activée, d'où la forte production de monoxyde d'azote lors d'inflammation.

L'expression de ce facteur NF-kB permet également d'activer la transcription d'autres facteurs de l'inflammation comme le TNFα. Par conséquent, la stimulation de zones lésées par les ondes de choc permet d'éviter l'expression de ce facteur, et donc la forte production de monoxyde d'azote ainsi que la production de TNF alpha.

Ces activations se font dans les secondes ou les minutes qui suivent le traumatisme. Le traitement venant rarement assez tôt pour éviter l'activation de la NO synthétase inductible, les chercheurs ont montré que la stimulation des cellules préalablement soumises à un mélange de LPS, TNF  $\alpha$ , IL1 $\beta$ , IFN $\gamma$ , permet un retour à la normale du taux de monoxyde d'azote (par inhibition de l'expression du facteur NF-kB) avec l'inactivation de la NO synthétase inductible, et donc la diminution de production des cytokines inflammatoires.

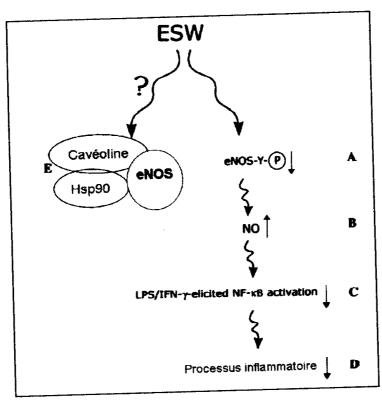


Fig 20 : Vue générale des ondes de choc sur les mécanismes inflammatoires Mariotto et al., 2005

Les ondes de choc extracorporelles permettent donc de maintenir ou d'augmenter la concentration intracellulaire de monoxyde d'azote. Ceci est responsable d'une augmentation du flux sanguin, et d'une inhibition de l'expression du facteur NF-kB, ce qui diminue d'autant la production de molécules inflammatoires.

L'activation des eNOs est faite par une augmentation du recyclage des enzymes phophorylées, augmentation facilitée par les applications d'ondes de choc.

### D/ Effets sur les os

# 1/ Observations générales

Lors de traitements de calculs présents dans l'urètre avec des ondes de choc extracorporelles, on a remarqué que les patients traités présentaient une augmentation de la densité du pelvis, d'où les nombreuses études entreprises pour voir les effets des ondes de choc sur l'os. (McClure, Van Sickle, White, 2004)

Au cours d'une étude effectuée sur deux chevaux, sur lesquels la formation osseuse a été mesurée par un marquage fluorescent, il est constaté que la formation osseuse augmente sur les sites traités aux ondes de choc. (McClure, 2002)

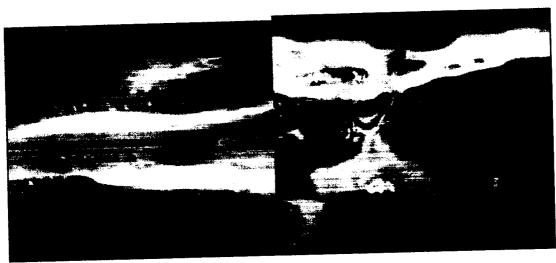


Fig 21 : Augmentation du nombre d'ostéons actifs lors de stimulation par ondes de chocs extracorporelles : la figure de droite (traitée) montre une fluorescence plus importante que la figure de gauche (non traitée)

### McClure, 2002

Les ostéons sont effectivement activés par les ondes de choc extracorporelles. En effet, lors d'une étude du même type (traitement de chevaux sains, sur métacarpe et métatarses), une analyse histologique des os est réalisée avant puis trente jours après le traitement. Le traitement par ondes de chocs est comparé à la technique d'élévation périostée, et les chevaux traités par ondes de chocs avec un groupe non traité. Tous les chevaux reçoivent de l'oxytétracycline en intra veineux à 14 et 28 jours après le début de l'étude, afin de marquer les ostéons actifs et de pouvoir les évaluer par fluorométrie.

Les os traités montrent une activation certaine des ostéons, et une augmentation de la formation d'os en face endostéale. Les ostéons sont beaucoup plus activés lors de traitement par ondes de choc extracorporelles qu'avec l'élévation périostée. (McClure, Van Sickle, White, 2004)

De même, une étude réalisée sur des lapins montre qu'appliquées sur des fémurs normaux (sur la base de 1500 chocs à une énergie de 27,5kV), les ondes de choc entrainent une augmentation d'épaisseur du périoste, ainsi que son décollement six jours après le traitement. On observe au même moment des hémorragies intra cavitaires dans la cavité médullaire, ainsi qu'une fragmentation de l'os poreux. Ceci est suivi d'une augmentation de la formation d'os périosté.

A la fin de l'étude, quatre vingt cinq jours après l'application des ondes de choc, on assiste chez les animaux traités à un épaississement du cortex, et à des remodelages de l'os trabéculaire. (McClure, Van Sickle, White, 2004)

# 2/ Mécanisme d'action des ondes de choc sur l'os

On sait que lorsqu'on applique des ondes de choc sur un os, 35% de l'énergie est réfléchie à sa surface, et 65% est transmise malgré une forte atténuation. Le degré d'atténuation de l'énergie dépend de l'épaisseur totale de l'os ainsi que de la proportion de moelle présente dans la diaphyse (présence de cellules et de graisse, de tissu de connexion, donc de multiples interfaces). L'os présente de nombreux milieux, d'impédance différentes, tant au niveau du périoste que de l'endoste, donc il y a très vite des dépôts d'énergie. Il y a de plus un fort effet de cavitation, responsable de lésions potentiellement importantes. Cette énergie affecte également la moelle osseuse, en augmentant la vitesse de croissance et le nombre de lignées cellulaires (études faites sur des cellules de rats, prélevées après traitement). (McClure, Van Sickle, White, 2004)

L'étude pilote menée par Lischer en 2002 présente une évaluation scintigraphique et clinique des os avant puis après application d'ondes de choc sur les membres de deux chevaux sains. Six sites osseux sont traités sur un antérieur et un postérieur (les membres controlatéraux servant de témoin).

Des contrôles scintigraphiques sont réalisés le jour suivant, puis le troisième jour, et enfin le dix-huitième jour après le traitement, et les résultats sont comparés avec ceux réalisés avant traitement, et avec ceux du membre témoin. Sur les deux chevaux, les images montrent une légère augmentation de l'activité minérale du radius, en comparaison avec le membre controlatéral. Le muscle interosseux présente également une plus forte densité.

Par conséquent, les résultats de cette étude pilote suggèrent que les effets des ondes de choc appliquées sur les membres peuvent être prouvés et étudiés par la scintigraphie. Ils suggèrent aussi que les ondes de choc favorisent la croissance osseuse. (Lischer et al., 2002)

Enfin, l'étude menée par Saisu en 2001 sur des os immatures de lapins, montre que l'application d'ondes de choc extracorporelles sur des os en croissance augmente de façon significative la vitesse de croissance, en longueur comme en largeur, de ces os. (Saisu et al., 2001)

Les ondes de choc extracorporelles augmentent les vitesse de croissance des os.

De quelle façon l'énergie libérée au niveau de l'os peut elle agir sur les différentes lignées cellulaires ?

Première hypothèse: Les ondes de choc extracorporelles entrainent la formation de microfractures:

Une étude (Kaulesar Sukul et al., 1993) visant à observer la réaction osseuse in vitro à des applications d'ondes de choc a montré que l'utilisation de hautes énergies sur des os peut causer des micro fractures. Une extrapolation voulant que la réaction osseuse soit la même in vivo qu'in vitro pousse à croire que ces micro fractures seraient LE facteur déclenchant de la cicatrisation osseuse.

Mais de nombreuses autres études (McClure, 1999; McClure 2003) dans lesquelles des échantillons osseux prélevés après traitements aux ondes de choc ont été analysés histologiquement ont montré l'absence de modifications anapathologiques. (McClure 2002, Bathe et al 2002). Ces microfractures ne semblent apparaître que lors d'application d'ondes de choc sur des os conservés dans du formol.

Deuxième hypothèse: Les ondes de choc extracorporelles entrainent une hypoxie des cellules de la moelle osseuse:

Lors d'études chez des patients humains, les chercheurs ont découvert que les ondes de choc activaient des facteurs de stimulation de l'ostéogénèse, tels la BMP (Bone Morphogenetic Protein), et l'ostéonectine. Ils ont montré qu'elles permettaient également l'augmentation des flux sanguins osseux. Ils ont aussi pu noter l'existence d'une migration de cellules endothéliales avec la formation de nouveaux capillaires sanguins dans les espaces interstitiels osseux. (Lischer et al., 2002)

McClure utilise alors les ondes de choc sur des métacarpes et métatarses de chevaux, et étudie les effets immédiats du traitement. Les chevaux sont choisis de façon à ce que les examens radiologiques effectués juste avant le traitement ne montrent aucune anomalie, ni que les chevaux ne présentent de boiterie. Le traitement consiste en une application de 1000 chocs à 0,88mJ/mm². Les chevaux sont ensuite immédiatement euthanasiés.

Les résultats montrent qu'il n'y a pas de lésions visibles macroscopiquement ou à l'examen histologique pour ce qui est de la peau, des tendons, du ligament suspenseur du boulet, ou des structures neurovasculaires jouxtant les os traités.

Cependant, l'os présente des hémorragies au niveau du périoste et de l'endoste, ainsi que des zones rougies au sein même du tissu osseux. L'examen au microscope montre de fait une vasodilatation des vaisseaux intra osseux, et révèle que les zones rougies sont en fait de l'hémoglobine diluée dans du plasma. Les globules rouges ont donc été lysés. Les parois des vaisseaux des ostéons sont détruites également. On peut aussi mettre en évidence des poches de gaz aux marges des ostéons (phénomène de cavitation). Par contre, on ne diagnostique pas de micro fracture. (McClure, Van Sickle, White, 2004)

On pose alors comme hypothèse que ce qui favorise la cicatrisation osseuse est l'hypoxie osseuse (due à la lyse des GR), les hémorragies, et l'augmentation du flux sanguin, tout ceci favorisant l'activation des facteurs ostéogéniques.

Une étude a été réalisée sur des cellules souches, présentes dans la moelle osseuse comme dans le sang du cordon ombilical par l'équipe de Yang, en 2004.

Ces cellules sont traitées par ondes de choc, in vitro et in vivo. In vitro, le traitement augmente la stroma formation <u>sans modifier les capacités d'hématopoïèse</u> de ces cellules. In vivo, on injecte ces cellules dans la moelle osseuse de fémurs fracturés chez des souris. Certaines sont traitées par ondes de choc, les autres servent de témoins. Puis ces cellules sont de nouveau prélevées et analysées.

On montre alors que les ondes de choc induisent de façon évidente la formation d'un cal beaucoup plus important que chez des souris non traitées. Le cale révèle une forte expression des marqueurs étudiés indiquant une formation osseuse faite à partir des cellules souches humaines.

Le traitement d'un os par ondes de choc extracorporelles permet d'induire la maturation des cellules souches vers des lignées osseuses, ce qui permet d'augmenter l'ostéogénèse. (Yang et al, 2004)

Troisième hypothèse : stimulation mécanique avec effet biologique des ondes de choc extracorporelles :

On sait que les cellules osseuses transforment les stimulations physiques en stimulations biochimiques. Cela explique l'idée des chercheurs de stimuler physiquement les fractures pour augmenter la vitesse de leur cicatrisation.

On sait également que ce sont les MAPK (Mitogen-activated protein kinases) qui régulent la croissance cellulaire, la différenciation et l'apoptose des cellules.

Ces MAPK sont les médiateurs des réponses cellulaires aux stimulations extracellulaires. Il existe au moins trois sortes de MAPK : les ERK, qui agissent sur la croissance des ostéoblastes, les p38 kinases qui favorisent la chondrogenèse et la différenciation des cellules vers des lignées osseuses, et les JNK. (Chen et al., 2003)

Des études ont montré que les ondes de choc extracorporelles augmentent la croissance des cellules ostéochondrales et favorisent également la différenciation des cellules vers les lignées osseuses. Elles facilitent ainsi la cicatrisation osseuse.

Elles provoquent également un signal de transduction intra cellulaire qui active les activités mitogéniques et ostéogéniques des cellules osseuses. Donc on va chercher à savoir si les ondes de choc extracorporelles augmentent l'activité des MAPK.

Ainsi, l'expérimentation suivante doit permettre l'étude de la prolifération cellulaire et de la synthèse des protéines de la matrice osseuse, dans les cellules du cal osseux mises en culture. Les cellules sont prélevées après que la fracture ait été traitée par ondes de choc extracorporelles. Le but est de savoir quand et dans quelle mesure les ondes de choc extracorporelles activent les ERK et les p38 kinases.

L'expérimentation concerne 138 rats, sur lesquels on a créé des fractures fémorales. Soixante quatre d'entre eux sont traités par ondes de choc, le reste constitue le groupe témoin. Les examens se font le jour même du traitement, puis le lendemain, et trois jours, sept jours, quatorze jours, vingt-huit jours, quarante deux jours, et cinquante six jours après application des ondes de choc.

Pour chaque groupe, huit rats sont euthanasiés pour les prélèvements, et sur cinq d'entre eux, on prélève le cale de fracture. On garde trois cales pour les examens histologiques. Parmi les cinq cales précédemment prélevés, on en garde une moitié pour la culture cellulaire, et l'autre moitié sert à l'extraction des protéines.

Le traitement consiste en une application unique de 500 chocs, à une fréquence de 1 Hz et à une énergie de 0,16mJ/mm². Les cals sont mis en culture sur des milieux avec de la thymidine tritiée de façon à suivre la synthèse des protéines.

Les résultats montrent une augmentation de l'incorporation de la thymidine tritiée quarante deux jours après le traitement (avec un pic sept jours après l'application des ondes de choc), ainsi qu'une augmentation de l'activité des PAL, une augmentation de la production de collagène I et II sept jours après le traitement, et enfin une augmentation de la production d'ostéocalcine quatorze jours après le traitement.

Surtout, les résultats d'analyses montrent qu'il y a une augmentation de l'activité des ERK et des p38 activées dans les cals des fractures traitées.(Chen et al., 2003)

Il est donc possible de conclure de cette étude que les ondes de choc extracorporelles induisent une augmentation du métabolisme cellulaire, en vue d'une plus grande production de la matrice osseuse. Cette augmentation de l'activité passe par une suractivation des p38 et des ERK présentes dans les cales osseux.

Il est aussi rapporté que les ondes de choc extracorporelles augmentent la cicatrisation osseuse en stimulant le recrutement des cellules souches mésenchymateuses, et en favorisant leur évolution vers les lignées osseuses.

L'étude suivante consiste en l'exposition de rats ayant subi une ostectomie à une séance unique d'ondes de choc extracorporelles : 500 chocs, avec une fréquence de 1 Hz, et une énergie de 0,16mJ/mm². Les résultats montrent que les ondes de choc extracorporelles augmentent la densité cellulaire et la proportion de cellules mésenchymateuses dans le segment défectueux.

Au début, les cellules mésenchymateuses apparaissent rondes et cuboïdes, puis on observe des cellules fibroblastiques fusiformes, et enfin, on assiste à une agrégation de cellules ostéogéniques et chondrogéniques.

Dans le même temps, des dosages permettent de montrer dans les cals des rats traités par ondes de choc extracorporelles une plus forte expression du facteur RP 59 (marqueur des cellules mésenchymateuses), ainsi qu'une très forte augmentation des facteur TGF β1 et VEGF A, par rapport aux taux présents dans les cals des rats non traités. Ces deux facteurs ont un rôle chimiotactique et mitogénétique dans le recrutement et la différenciation des cellules mésenchymateuses vers les lignées osseuses.

L'étude montre donc que le recrutement de cellules mésoblastiques et leur transformation en cellules cartilagineuses et osseuses est une étape critique dans la favorisation de la cicatrisation par les ondes de choc extracorporelles. C'est cette étape qui est favorisée par les ondes de choc extracorporelles. (Wang et al., 2004)

On a vu que les cellules osseuses convertissent les stimulations physiques en signaux biochimiques qui modèlent l'activité osseuse en conséquence, et ce, par le biais des ERK (extracellular signal-regulated kinase). Or, on sait déjà que l'ostéoprotégérine (OPG) et le facteur d'inhibition des ostéoclastes diminuent la formation des ostéoclastes.

L'étude vise alors à prélever des cellules de la moelle osseuse de souris ayant subi un traitement aux ondes de choc extracorporelles : on constate alors une diminution du facteur de stimulation des lignées de macrophages, une diminution de production du ligand permettant l'activation des récepteurs au facteur NFkB (RANKL), et une augmentation de la formation de cellules ostéoclastiques polynucléées (donc non viables).

Lorsqu'on utilise des Ac anti OPG, on constate que les ondes de choc extracorporelles augmentent le taux d'OPG, mais pas de niveau de RANKL. La séroneutralisation du facteur TGF\$\beta\$1 montre que ce facteur, dont l'expression est augmentée lors d'application d'ondes de choc, est impliqué dans la stimulation de la production d'OPG. (Wang et al., 2004)

Le traitement par ondes de choc induit une augmentation de la concentration en TGF Bêta 1, cytokine qui a un fort effet chimiotactique et mitogénique sur les ostéoblastes. Il a également été montré un effet sur la production d'oxyde nitrique (NO), impliqué dans le remodelage et la guérison osseuse. (Redding, 2004)

Par conséquent , on peut conclure de cette étude que les ondes de choc extracorporelles activent les ERK, lesquelles stimulent l'expression du facteur TGFβ1 en activant sa phosphorylation. Lorsqu'on inhibe l'action des ERK, on diminue cette phosphorylation, et on voit le niveau d'OPG baisser également. L'effet inhibiteur ostéoclastique de l'OPG est également réduit. C'est donc l'action conjointe des ERK et du TGFβ1 qui induit la formation de l'OPG, et c'est l'OPG qui inhibe la formation des ostéoclastes.

La majorité de ces études ont été réalisées avec des ondes de choc focalisées sur la lésion à traiter, et M. Revenaugh s'est donc intéressé à l'effet des ondes de choc radiales sur l'os. En effet, nombreux sont ceux qui n'attribuent qu'un effet analgésique à ces ondes de choc de basse énergie, et pas d'effet organique. Il a donc traité un Pur Sang souffrant d'une fracture du naviculaire et d'arthrose de l'articulation interphalangienne proximale depuis plus d'un an, à l'aide de l'appareil Swiss Dolorclast Vet. Les manifestations osseuses ont été évaluées par scintigraphie. Les résultats montrent que ces ondes de choc radiales ont une action sur le tissus osseux, en permettant une augmentation de la vitesse de cicatrisation, ou une réactivation de la cicatrisation de cette fracture. L'animal s'est également trouvé soulagé : le grade de boiterie est passé de 3/5 à 2/5 en un mois. (Revenaught, 2001)

Par conséquent, les ondes de choc radiales ont également un effet sur le tissus osseux, même si une étude prenant en compte de plus nombreux cas pourrait permettre de préciser si l'effet est exactement le même que celui des ondes de haute énergie, ou bien un effet « atténué ».

Par contre, une étude réalisée sur des os sains de chevaux (métacarpes et métatarses) n'a montré aucune modification visible par radiographie, ou thermographie suite à quatre applications d'ondes de choc radiales. (Verna et al., 2005)

Les effets des ondes de choc radiales sur le tissu osseux semblent donc ne s'exprimer que sur des tissus lésés. Cependant, il n'est pas possible de conclure à un effet certain, vu le très petit nombre d'études avec utilisation d'ondes de choc radiales.

# 3/ Utilisation en thérapeutique osseuse :

### a/Traitement des arthropathies :

A forte énergie, c'est à dire supérieure à 0,30mJ /mm², les ondes de choc ont un effet ostéolytique prouvé. Du coup, des chercheurs ont voulu savoir si on pourrait les utiliser dans le traitement des paraostéoarthropathies stade précoce, afin de freiner le processus métaplasique, ou au stade d'ossification, afin d'inhiber la matrice ostéoïde ou de créer une résorption osseuse. A ce niveau, les résultats sont encourageants en médecine humaine.

### Chez l'homme:

Afin d'avoir des résultats exploitables scientifiquement, une étude a été mise en place sur 26 patients, âgés de plus de 18 ans, présentant des paraostéoarthropathies (POA), résistantes aux traitements habituels.

Le traitement consiste en quatre séances à une semaine d'intervalle, avec à chaque fois l'application de 4000 chocs à une fréquence de 3 Hz, et à des énergies allant de 0,54 à 1,06mJ/mm². Le repérage de la lésion se fait par fluoroscopie. Les patients reçoivent également un traitement anti-inflammatoire la veille et les trois jours suivant la séance, ainsi qu'une injection de morphine une heure avant chaque séance.

On évalue alors la douleur grâce à une échelle analogique visuelle, on évalue l'amplitude des articulations par goniométrie, et leur morphologie par des examens radiologiques et on suit les dosages sanguins de Ca2+ et des Pal.

Les résultats montrent qu'on a une amélioration significative de la douleur, et une amplitude de flexion augmentée. Les patients ont également plus de facilité à marcher (pour les POA de la hanche, les patients se passent volontiers des cannes). Cependant, aucune modification des paramètres radiologiques ou sanguins n'est constatée. (Brissot et al., 2005)

### Chez le chien :

Lors d'une étude réalisée par l'équipe de Dahlberg en 2005 sur des arthropathies chez 14 chiens présentant de l'ostéoarthrose, Les chercheurs ont montré que le traitement induit une bonne amélioration clinique, mais l'étude n'a conclu à aucun changement des amplitudes articulaires, et pas de modification des examens radiologiques. (Dahlberg et al., 2005)

Une autre étude a été réalisée sur 26 chiens présentant des ostéoarthroses chroniques (plus d'un mois), avec une boiterie et une douleur réfractaires aux traitements usuels. Ils ont subi un traitement par ondes de choc radiales. Tous les chiens présentaient des signes radiologiques d'atteinte des articulations, ainsi qu'une restriction d'amplitude de l'articulation traitée. A chaque étape du traitement, les propriétaires ont eu un questionnaire à remplir, et des mesures goniométriques et de démarche ont été réalisées.

Le traitement se décompose en trois sessions à sept à dix jours d'intervalle d'intervalle, avec 2000 chocs appliqués.

Les résultats montrent que le mouvement est amélioré pour 82% des chiens. L'amplitude des articulations est augmentée pour 90% des chiens, avec une amélioration de 5 à 60°. (Towle, Fleck, 2005)

### b/ Traitement des fractures :

### Etudes chez le rat :

Une étude réalisée sur des rats montre que les fractures traitées par ondes de choc cicatrisent plus vite et plus solidement que lorsqu'elles ne sont pas traitées par ondes de choc. Ces résultats sont contrôlés au moyen d'examens radiographiques. (Mc Clure, Van Sickle, White, 2004)

Ceci a également pu être montré grâce à des examens histologiques. La figure ci-dessous présente dans chaque colonne les analyses histologiques de tissus prélevés à sept jours, vingt-huit jours et cinquante six jours après un traitement de fractures par ondes de choc extracorporelles. La colonne de gauche est issue des prélèvements effectués sur animaux traités, la colonne de droite constitue le groupe témoin.

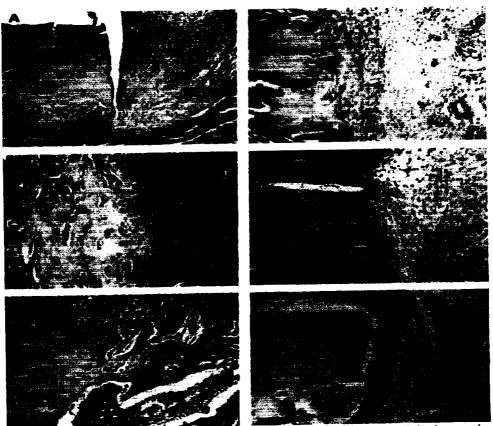


Fig 22 : Analyses histologiques de tissus cicatriciel, après traitement (colonne de gauche) d'une fracture par ondes de choc extracorporelles, ou non (colonne de droite). A et B : prélèvements à sept jours après formation de la fracture. C et D : prélèvements à vingt-huit jours. E et F : prélèvements à cinquante six jours.

#### Chen et al., 2003

On constate donc bien sur ces photos que la cicatrisation se fait immédiatement par la mise en place de cartilage puis de tissu osseux chez les animaux traités, alors qu'au même moment, les animaux non traités n'ont qu'une suture fibreuse entre les deux abouts osseux. (Chen et al., 2003)

### Chez le cheval :

18 pur sang de course présentant des lésions radiographiquement visibles du métacarpe (notamment des microfractures de stress), associées à une boiterie persistante, ont été traités par ondes de choc radiales. A la fin du traitement, les radios ont montré une cicatrisation complète des fractures, et on a pu constater une disparition de la boiterie associée. 17 chevaux ont pu retrouver leur niveau antérieur, et seul l'un d'eux a du être euthanasié pour fracture de fatigue de l'humérus. Le traitement par ondes de choc radiales semble donc être un traitement de choix des affections du troisième métacarpe chez les chevaux. Il faut s'assurer cependant d'une mise au repos totale de l'animal jusqu'à ce que les microfractures soient totalement cicatrisées, pour ne pas risquer une fracture plus grave. (Palmer, 2001)

#### Chez le chien :

Lors de tests réalisés sur des fractures chez des chiens, on remarque lors d'examens radiographiques que les membres traités présentent un cal osseux

plus important que les membres non traités, et ce, dès douze semaines après le moment de la fracture. Lors d'examen histologique, on s'aperçoit qu'il y a également une augmentation de la proportion d'os cortical dans le cal osseux par rapport aux os non traités.

Sur 10 beagles, on teste les effets des ondes de choc sur des non-unions hypertrophiques (après ostectomies radiales). 5 chiens sont traités 12 semaines après l'ostectomie. Ils montrent une union osseuse à 12 semaines post traitement par ondes de choc extracorporelles pour quatre d'entre eux, alors que seul 1 des 5 chiens non traités présente une cicatrisation osseuse. (McClure, Van Sickle, White, 2004)

### c/ traitement des non-unions :

### Chez le lapin:

Une étude réalisée par l'équipe de Bulut en 1999 sur des lapins a permis de mettre en évidence l'augmentation de la vitesse de cicatrisation des non-unions suite à des traitements par ondes de choc extracorporelles. Les prélèvements réalisés à 4 et 6 semaines après le traitement montrent que le cal osseux est plus épais et de meilleure qualité que le cale présent sur les radius de contrôle. (Bulut, 2006)

### Chez l'homme:

Les ondes de choc ont été utilisées en thérapeutique humaine pour traiter les non-unions. L'article de Birnbaum et al. est une synthèse des différentes publications relatives à ce sujet. Il montre que le traitement des non-unions par ondes de choc extracorporelles permet d'augmenter le taux de consolidation des non-unions à trois mois post-traitement. Le faible taux de complications induites par ce traitement par rapport au traitement chirurgical en fait une indication de choix pour l'utilisation des ondes de choc. (Birnbaum et al., 2002)

### Chez le chien :

Chez le chien, une étude menée par Johannes et al a permis de monter également l'augmentation de la vitesse de cicatrisation des non-unions radiales suite à un traitement par ondes de choc extracorporelles (O,54mJ/mm², 4\*1000 chocs). En 12 semaines, les chiens traités présentent tous un pont osseux reliant les deux abouts, tandis que la non-union persiste chez les chiens témoins.(Johannes et al., 1994)

# d/ Traitements des arrachements d'insertions ligamentaires :

Dans l'étude présentée ici, trente six lapins sont utilisés Pour mimer un arrachement de l'insertion osseuse du ligament croisé antérieur du genoux, on remplace ce ligament par le muscle long extenseur du doigt.

On traite alors les genoux droits avec 500 chocs à une énergie de 14 kV, les genoux gauches constituant le lot témoin. Des études histologiques sont ensuite réalisées une, deux, quatre, huit douze, puis vingt quatre semaines après le début de l'expérimentation sur vingt quatre lapins. Des études biomécaniques sont réalisées quant à elles douze et vingt quatre semaines sur les douze lapins restant.

Les résultats montrent une augmentation du nombres de trabécules osseux autour du long extenseur du doigt dans le groupe traité par rapport au groupe témoin, et ce, à partir de quatre semaines après le traitement.

Le lien os-tendon est d'ailleurs bien plus résistant dans le groupe traité huit semaines après traitement par rapport au groupe témoin.

Enfin, l'élasticité de l'interface os-tendon est très augmentée dans le groupe traité à vingt quatre semaines en comparaison avec le groupe non traité.

De cette étude il ressort que les ondes de choc extracorporelles augmentent la vitesse de cicatrisation de l'interface os-tendon. Les effets des ondes de choc extracorporelles apparaissent par ailleurs être temps-dépendants. (Wang et al., 2004)

#### E/ Effets sur les tendons

## 1/ Mécanismes d'action des ondes de choc sur les tendons

On sait que lorsqu'on utilise une énergie inférieure à 0,2mJ/mm², on provoque essentiellement une analgésie. Lorsque l'énergie d'application des ESWT est supérieure à 0,2mJ/mm², apparaissent d'autres effets sur les tendons, les os, etc. ...

### Etudes sur tendons sains

#### - Effet-dose

Rompe et son équipe (1998) réalisent une étude sur quarante deux lapins, les quatre vingt quatre tendons d'Achilles étant répartis au hasard dans quatre groupes.

L'appareil utilisé génère les ondes de choc de façon électromagnétique. Les tendons sont évalués par échographie avant, et chaque jour pendant vingt huit jours après le traitement. Tous les lapins sont en bonne condition physique avant le début de l'étude.

Les modalités de traitement et les résultats d'analyses échographiques et histologiques sont présentés dans le tableau suivant.

Groupe	Traitement (en une	Examen	Analyse histologique
	unique application)	échographique	Pas de modification
I	1000 chocs	Il y a moins de 20%	par rapport au
	0,08mJ/mm <sup>2</sup>	de modifications	groupe témoin.
		dans l'échogénicité	Modification de
II	1000 chocs	du tendon. Pas de	l'épaisseur du
	0,28 mJ/mm <sup>2</sup>	modification de la	paraténon, dilatation
	ļ	morphologie ou de la	des capillaires.
		fonction tendineuse.	A J1 : réaction
			inflammatoire
			<b>—</b>
			modérée, avec
			infiltration par des
			polynucléaires
			neutrophiles, et
			extravasation des
			globules rouges.
			J7 : Diminution de
			l'intensité de la
			réaction
			inflammatoire.
			J14 : retour à la
			normale.
III	1000 chocs	Augmentation de	Extravasation
	0,6 mJ/mm <sup>2</sup>	l'épaisseur du	importante des
		tendon,	globules rouges,
		accumulation notable	œdème marqué du
		de liquide	paraténon.
		péritendineux.	J7 : œdème des
	į	Retour à la normale	fibres tendineuses,
		à la fin de l'étude.	forte réaction
	1		éosinophilique,
			zones de nécrose.
			Disparition du noyau
			de certains
			fibrocytes.
			J14: inflammation
			encore très marquée.
Témoin	Pas d'application		
	d'ondes de choc	1	Ī.

Tableau 3 : Résultats de l'étude réalisée par Rompe en 1998 afin de démontrer l'importance de l'énergie appliquée lors de traitement par ondes de choc extracorporelles.

D'après Rompe et al., 1998

# Cette étude met en évidence :

- L'effet dose des ondes de choc lors d'application aux tendons,
- Leurs possibles effets délétères sur le tissu tendineux à trop fortes doses

McClure indique que de récentes études ont démontré l'augmentation de la néovascularisation à la jonction entre l'os et le tendon, lors de traitements par ondes de choc extracorporelles. Cette néovascularisation semble permettre la régénération et la cicatrisation tissulaire. (McClure, 2002)

# - Amélioration de la vascularisation

Les tendons d'Achille de 8 chiens ont été soumis à des ondes de choc, appliquées à basse énergie (Wang et al 2004). Le nombre de nouveaux capillaires présents dans le tissu biopsié, le nombre de vaisseaux présentant une couche musculaire, l'arrangement des myofibroblastes, et les éventuelles modifications osseuses ont été étudiées à partir de biopsies pratiquées à la jonction os-tendon. Ces analyses ont été réalisées à 4 et 6 semaines pour un groupe, et à 8 et 10 semaines pour un second groupe.

Tous les tendons traités montrent de nombreux néocapillaires et vaisseaux avec musculeuse, alors qu'aucun n'est présent dans le lot témoin. Les myofibroblastes sont également plus gros, plus solides, et leur fibres de collagènes mieux orientées chez les chiens traités. On met d'ailleurs en évidence un temps de maturation des myofibroblastes qui évolue entre les premiers chiens prélevés et les seconds. Il n'y a pas de myofibroblastes dans le lot témoin.

Aucune modification osseuse n'a été observée dans aucun des cas. (Wang et al., 2004)

Par conséquent, cette étude montre que les ondes de choc utilisées à basse énergie augmentent la vascularisation du territoire traité, ce qui permettrait une augmentation des capacités de régénération du tendon concerné.

# - Etudes sur les tendinopathies induites expérimentalement

### Chez l'animal de laboratoire :

Des tendinites sont induites par injection de collagénases. Le modèle expérimental classique est le tendon d'Achille du rat.

Chen et al (2004) ont cherché à montrer l'effet des ondes de choc extracorporelles sur différents facteurs de l'inflammation, en étudiant l'expression des ARNm des interleukine bêta 1 (II1β), COX-1, COX-2, et des récepteurs à la PGE2. Ils ont également exploré l'immunoréactivité des tissus tendineux lors d'inflammation.

On sait déjà que les prostaglandines E2 (PGE2) sont formées grâce à l'action des cyclo-oxygénases 1 et 2 (COX-1 et COX-2). Cette prostaglandine a pour action l'augmentation des œdèmes, des tuméfactions, et de la sensibilité à la douleur lors de phénomènes inflammatoires.

Une application unique d'ondes de choc extracorporelles est réalisée à la dose de 200 chocs à une énergie de 0,16mJ/mm², et une fréquence de 1 Hz.

Les résultats montrent une diminution de l'expression des ARNm de l'Il1β, et des récepteurs à la PGE2, sept et quatorze jours après l'application des ondes de choc. On constate également une augmentation de l'expression des ARNm des COX-2 le jour suivant le traitement, puis une diminution de cette expression au bout d'une semaine.

L'histologie rapporte une meilleure formation de collagène et une meilleure agrégation cellulaire chez les rats traités par rapport aux animaux non traités, ainsi qu'une diminution de l'immunoréactivité envers l'II1β, la COX-2, et les récepteurs à la PGE2, après les traitements par ondes de choc extracorporelles.

Enfin, il y a une moindre expression de l'Il1 $\beta$  dans les cellules du tissu de granulation ainsi qu'une diminution du nombre de cellules inflammatoires dans les tissus traités. (Chen et al., 2004)

Il ressort de cette étude que les ondes de choc extracorporelles régulent l'inflammation tissulaire en diminuant l'expression des médiateurs de l'inflammation, comme la COX-2, et les récepteurs à la PGE-2.

Dans une autre étude sur le même modèle, Orhan et son équipe (2001) ont comparé les taux d'hydroxyproline avant et après application d'ESWT. L'hydroxyproline, qui résulte de l'hydroxylation de la proline en présence en particulier d'oxygène, est un constituant du tropocollagène, chaîne polypetidique dont l'assemblage constitue le collagène. Sa présence permet la formation de liaisons covalentes entre les différentes chaînes polypeptidiques voisines. Cela a pour conséquence de rendre la structure plus résistante à la traction.

Ils ont montré les tendons traités présentaient des taux d'hydroxyproline plus élevés que les tendons non traités et concluent que les ondes de choc augmentent les capacités de cicatrisation tendineuse en favorisant la synthèse de collagène, par augmentation de la synthèse d'hydroxyproline. (Orhan et al., 2001)

Il apparaît donc que les ondes de choc extracorporelles agissent sur le tissus tendineux pathologique en facilitant sa vascularisation et en régulant les concentrations de molécules inflammatoires favorisant ainsi le processus de cicatrisation. Cependant, il faut se souvenir que ces actions sont temps et énergie dépendantes, et qu'à trop forte énergie, les ondes de choc peuvent avoir un effet délétère sur les tendons.

#### Chez le cheval

Après avoir induit des lésions tendineuses grâce à des injections de collagénases, l'étude de l'équipe de McClure conclut à une cicatrisation plus rapide lorsque la lésion est traitée par ondes de choc extracorporelles focalisées, par rapport à une simple mise au repos.

Les analyses histologiques réalisées montrent en plus que la destruction du premier matériel de cicatrisation par les ondes de choc est en faveur de la mise en place de fibres tendineuses normales et efficaces. (McClure, Van Sickle, White, 2004)

De la même façon, lors d'une étude effectuée sur 4 chevaux en 2002 par l'équipe de McClure, sur les lésions du ligament suspenseur du boulet induites par l'injection de collagénases, les chercheurs ont pu montrer que la zone défectueuse cicatrisait plus vite lors de traitement aux ondes de choc à raison de l'application de chocs à une énergie de 0,13mJ/mm², trois fois, à trois semaines d'intervalles, par rapport aux ligaments non traités.

Dans cette étude, chaque cheval était son propre témoin, les lésions étant induites sur deux membres et traités uniquement sur un seul ; le membre non traité sert alors de contrôle.

La différence entre membre traité et membre témoin est significative avec p=0,0285. Les contrôles échographiques concluent également à un meilleur alignement des fibres tendineuses au niveau de la zone cicatricielle, pour les tendons traités par rapport aux tendons témoins. (McClure, 2002)

# 2/ Utilisation en thérapeutique des tendinopathies cliniques:

### Chez l'homme

Des études cliniques réalisées chez l'homme semblent confirmer, sur le terrain l'effet dose-dépendant. Il apparaît également une certaine différence d'efficacité selon l'emplacement et le type de tendinite

Un traitement avec des applications d'ondes de choc focalisées à trop faible énergie ne semble pas apporter de résultats. Ainsi, lors d'une étude réalisée en double aveugle sur 49 personnes souffrant de tendinopathies du tendon d'Achille, la thérapie a consisté en trois sessions d'application d'ondes de choc à basse énergie, à un mois d'intervalle. Outre le fait que l'échantillon s'est révélé être trop petit pour détecter des petites modifications de l'état des patients, la faible énergie délivrée n'a a priori apporté aucune amélioration notable des patients traités, contrairement à ce qui a pu être rapporté dans une grande majorité d'études. (M.L.Costa, L. Shepstone, S.T.Donell, T.L.Thomas, 2005)

L'équipe de Magosch rapporte les résultats des traitements par ondes de choc radiales de 35 patients souffrant de tendinites calcifiées. Ils montrent une amélioration importante de la douleur ressentie par ces patients. Les analyses radiographiques montrent dans tous les cas une diminution de la vitesse de dépôt de calcium, quand ce n'est pas, pour 20% d'entre eux, une désintégration

de ce dépôt. Les patients ont été suivis jusqu'à un an après le traitement, et à ce stade, 75% des patients ont présentés une complète résorption du dépôt de calcium, et 25% d'entre eux n'ont montré aucune évolution de leur calcification. L'équipe a également mis en évidence une corrélation entre la résorption du dépôt de calcium, et la diminution de la douleur. (P.Magosch, S. Lichtenberg, P. Habermayer, 2007)

### Chez le cheval:

Les principales études cliniques évaluant l'efficacité des ESWT dans le traitement des tendinopathies en médecine vétérinaire concernent le cheval. Ceci s'explique par le fait que l'utilisation de cette thérapeutique est connu depuis bien plus longtemps chez le cheval que chez le chien d'une part, mais aussi parce que le traitement efficace des tendinopathies du cheval de sport, avec un retour plus précoce à l'exercice et sans récidives, reste encore une problématique majeure pour les vétérinaires équins d'autre part.

Il est à noter que ces travaux concernent essentiellement des traitements aux Ondes de Choc radiales.

En mars 2000, dans une étude clinique sur 30 chevaux, Boening J. a pu constater qu'un traitement par ondes de choc induisait une importante amélioration de la boiterie, ainsi qu'une réduction de la douleur, et un retour anticipé au travail.

Les ondes de chocs radiales étaient administrées à la dose de : 2000 chocs, une pression de 2,5 bars, avec une fréquence de 8 hertz, trois fois dans un intervalle de deux à quatre semaines. Le groupe témoin était représenté par des chevaux recevant d'autres traitements, plus conventionnels.

Tous les chevaux avaient été sélectionnés sur les critères suivants : présence de douleur et de boiterie datant de plus de trois mois, absence de résolution lors de traitements conventionnels.

- Immédiatement après le premier traitement, onze chevaux ont montré une résolution totale de leur boiterie.
- Les examens réalisés un mois plus tard ont montré que seize chevaux étaient totalement rétablis, et que neuf autres montraient une nette amélioration de leur boiterie.
- Six mois après le traitement, dix huit chevaux ont pu retourner totalement au travail, un cheval allait y être remis sous peu, et trois autres ne montraient aucune amélioration.

Sur quinze chevaux qui ont été échographiés, douze ont présenté des modifications structurelles visibles au niveau de l'insertion du tendon suspenseur du boulet. Dans la plupart des cas, une résolution complète des accumulations liquidiennes dans le tendon avait été observée. Elles étaient dues à l'inflammation et aux ruptures des fibres tendineuses.

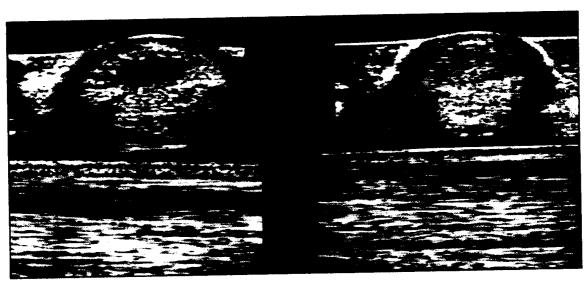


Fig 23 : Résolution des lésions tendineuses après traitement aux ondes de choc extracorporelles. L'image échographique de gauche montre le tendon avant traitement, avec une lésion centrale (flèche rouge), celle de droite montre un tendon sain après traitement, avec une zone cicatricielle (flèche bleue) .

McClure, Weinberger, 2003

Un seul cheval n'a montré aucune amélioration de boiterie ni de ses images échographiques.

Lors de cette étude, il a notamment été prouvé l'existence d'une corrélation entre la résolution des images échographiques et la résolution de la boiterie. (l'inverse n'étant pas vrai). De même, les conclusions de l'étude montrent que l'amélioration des boiterie par cette méthode est sensiblement meilleure qu'avec les traitements conservateurs habituels (p<0,05). (Boening, 2000)

De son côté, Revenaugh (2001) rapporte les résultats du traitement aux ondes de choc radiales de 45 chevaux souffrant de desmite chronique du ligament suspenseur du boulet (muscle Interosseux III). Le traitement consiste en l'application de 2000 chocs, à une fréquence de 10 Hz, et une pression de 36 psi (pounds per square inch). Immédiatement après la première application, la boiterie diminue. Sur la moitié des chevaux, des modifications de l'échogénicité du tendon sont visibles. En conclusion, les ondes de choc radiales apportent ici un soulagement immédiat de la douleur liée à la desmite, et à plus long terme, favorisent la cicatrisation tendineuse. (B.W.Furlong, M.S. Revenaugh, 2001)

Enfin, lors d'un récent meeting des utilisateurs des Ondes de Chocs Extracorporelles, le Dr A. Bathe de la fameuse clinique britannique Newmarket a exposé une synthèse des différents traitements réalisés à l'aide d'ondes de choc radiales sur des lésions du tendon fléchisseur superficiel, sur 75 chevaux. Il a estimé le taux de succès du traitement à 92% (succès = retour à un travail équivalent à avant l'apparition de la lésion). Ce taux semble excellent, mais l'article ne permet pas de conclure à une quelconque préséance des ondes de choc extracorporelle par rapport à d'autres traitement, car il n'y avait pas de lot témoin.<sup>5</sup>

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> A.P.Bathe. Results of extracorporeal shockwave therapy for the treatment of superficial digital flexor tendonitis, British Racing School, Newmarket

Ces observations clinques sont en faveur des effets bénéfiques des ondes de choc extracorporelles dans le traitement des tendinopathies : elles tendent à faciliter et optimiser la cicatrisation tendineuse.

### Chez le chien :

Les publications concernant l'utilisation des ESWT dans le traitement des tendinopathies cliniques chez le chien sont encore extrêmement rares.

L'article de Donova et Muir (2003) a l'intérêt de rapporter des résultats comparables à ceux présentés chez l'homme souffrant de tendinite calcifiante de l'épaule, affection qui semble particulièrement bien répondre aux ESWT.

Il relate deux cas de tendinites calcifiantes de l'épaule radiologiquement identifiées chez le chien. Les deux animaux présentaient une boiterie de l'antérieur droit s'aggravant progressivement depuis 4 mois pour l'un, et depuis plus d'un an pour l'autre et n'ayant montré aucune amélioration à plusieurs semaines d'administration d'un anti-inflamatoire. Les douleurs induites par ces affections sont souvent résistantes aux thérapies antalgiques et anti-inflammatoires. Cliniquement, les deux chiens présentaient également une amyotrophie et une douleur marquées à la flexion de l'épaule. L'amélioration fonctionnelle a été également évaluée au moyen d'un plateau de force.

.Une seule application d'ESWT radiales est réalisée à la dose de : 2000 chocs appliqués à une pression de 1,5 bars (0,03mJ/mm²), à une fréquence de 5 à 8 Hz.

Vingt-et-un jours après le traitement les auteurs observent :

-Une nette réduction de la douleur et amélioration de la boiterie,

-Une augmentation significative de la valeur relative du pic de la composante verticale de la force de réaction du sol : de 22,7 % à 30,2 % pour l'un et de 25,5% à 30,4 % pour l'autre.

-Un remodelage de l'image radiologique avec une fragmentation partielle des minéralisations. (Danova, Muir, 2003)

Ils concluent que les ESWT pourraient représenter une alternative de traitement non-invasif lors de tendinites calcifiantes de l'épaule.

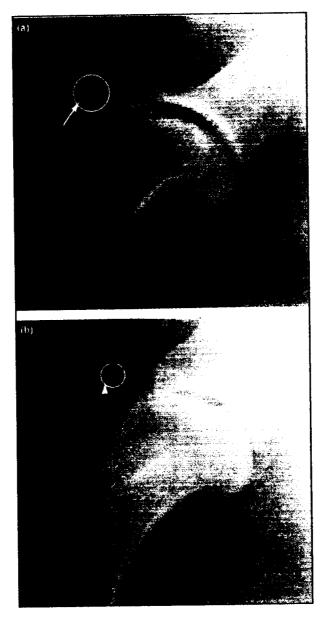


Fig 24 : Radiographies de l'épaule droite (incidence médio-latérale) avant (a) et après traitement (b) aux ondes de choc extracorporelles. La calcification (cercle bleu) intéresse le tendon du muscle supra-épineux. 21 jours après le traitement on note une fragmentation de l'image à densité minérale.

Danova, Muir, 2003

#### F/ Effets sur les muscles :

Très peu d'études ont été menées jusqu'ici concernant les effets des ESWT sur le corps charnu du muscle. A priori l'effet analgésique et l'amélioration de la vascularisation pourraient être mis à profit dans le traitement de contractures rebelles, de Trigger Point associés éventuellement à un syndrôme myofascial ou à un syndrome fibromyalgique, ou la lutte contre une fibrose cicatricielle ou une myopathie fibrosante.

Les résultats de deux études, l'une clinique, l'autre expérimentale, semblent aller dans le sens de ces considérations :

### Chez l'homme:

L'équipe du Dr. Lohse-Busch a traité 35 jeunes gens souffrant de contractions spastiques des muscles des jambes. L'application d'ondes de choc radiales a permis de diminuer les contractions et la douleur associée. Les patients ont ainsi pu retrouver un usage correct de leurs membres inférieurs. (Lohse-Busch H., Kraemer M., Reime U., 1997)

### Chez l'animal de laboratoire (porc)

Cette étude a été réalisée sur 24 porcs et concerne le muscle cardiaque (Uwatoku et al., 2005). Le modèle expérimental est la ligature de l'artère coronaire gauche de façon à induire un infarctus. Quatre groupes de six cochons ont été formés.

L'un a été traité trois jours après la ligature (traitement sur une lésion aiguë), un autre a été traité quatre semaines après (traitement sur une lésion chronique). Les deux derniers groupes sont gardés comme témoins.

Les animaux traités sont soumis à trois séances d'ondes de choc focalisées en une semaine.

Les résultats montrent qu'en aigu, le nombre de capillaires et la circulation régionale sont très augmentés par rapport au groupe témoin, d'où une bien meilleure revascularisation. Par contre, sur une lésion chronique, il n'y a aucune différence entre le groupe traité et le groupe témoin.

De ces deux études, il ressort des effets réels des ondes de choc aussi bien sur le muscle squelettique que sur le myocarde : ils en améliorent la trophicité et la vascularisation.

- Dans le premier cas ils révèlent un effet décontracturant
- Dans le second cas ces effets bénéfiques ne s'appliqueraient que dans le cas de lésions récentes.

Nous avons eu l'occasion de vérifier ces observations sur deux cas de chiens souffrant de myopathie fibrosante. Ils seront présentés dans la troisième partie de ce document.

## G/ Effets sur le cartilage de croissance :

### Utilisation des ondes de choc radiales chez le cheval :

En 2005, Bathe et Rowlands ont tenté de traiter par ondes de choc extracorporelles radiales (2000 chocs, 15 Hz, 3 bars, tête de 15mm) 40 poulains de moins de six mois souffrant de déformations angulaires congénitales des membres. Les ondes de choc ont été appliquées sur le côté convexe de la

déformation, de façon à ralentir la croissance osseuse de ce côté. Les traitements ont été arrêtés lorsque la déformation a retrouvé un angle correct, soit inférieur à 4°. En moyenne, trois sessions ont été nécessaires. Sur les 40 animaux traités, 36 semblent avoir été des succès. Les quatre poulains restant ont été opérés suite à la pression faite par leur propriétaire, et l'un d'eux n'a pas pu recevoir un traitement correct pour des raisons comportementales. (Bathe A.P., Rowlands D.S., Boening K.J., 2005)

# H/ Effets secondaires des ondes de choc extracorporelles

### 1/ Effets délétères sur le tissu cutané :

### Effets secondaires transitoires

Lors d'utilisation d'ondes de choc radiales, il a pu être observé l'apparition de tuméfactions, de pétéchies ou d'hématomes. Ces effets secondaires disparaissent généralement en vingt-quatre à quarante-huit heures. (Bockstahler, Levine, Millis 2005).

Sur les 30 chiens et 7 chevaux qui ont reçu des ondes de chocs radiales à l'Unité de Physiothérapie-Rééducation-Ostéopathie de l'ENVL entre mai 2005 et mai 2007, à raison de 3 séances en moyenne par animal, ces effets secondaires transitoires ont pu être rapportés ou observés uniquement après la première séance :

- -tuméfaction et pétéchies transitoires sur deux chiens,
- -un chien a présenté des lésions cutanées bénignes (croûtes de mordillements par démangeaison en regard du grand trochanter)
- une légère augmentation de l'œdème (desmite du ligament suspenseur du boulet) chez un cheval .

### Nécrose cutanée

Des lésions plus sévères avec nécrose de la peau ont pu être observées au cours d'application d'ESWT focalisées sur des tendons d'Achille chez le lapin (Rompe et al., 1998)

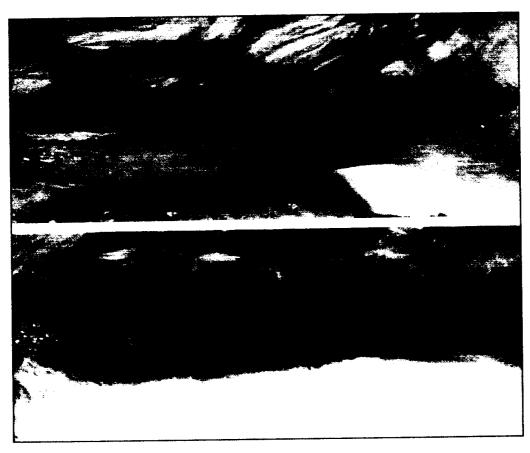


Fig 25 : Lésion cutanée nécrotique induite par un traitement par ondes de choc extracorporelles. La photo du haut montre la peau du lapin avant traitement, celle du bas est prise après application des ondes de chocs.

Rompe et al., 1998

Toutefois, concernant les lésions cutanées, il est à noter que des études effectuées sur la peau de cochons ont montré que les ESWT appliquées à basses énergies stimuleraient la cicatrisation cutanée, tandis qu'à fortes énergies, elles auraient un effet inverse, ralentissant cette cicatrisation. (Haupt et al., 1990)

### 2/ Effets délétères sur les autres tissus :

# Aggravation des microfractures chez les chevaux de course

Une étude ex-vivo sur 11 paires d'os canons (métacarpiens et métatarsiens III) prélevés sur des chevaux de course (galopeurs) a montré une aggravation des microfractures de l'os cortical (déjà présentes chez ces chevaux du fait des microtraumatismes répétés liés à l'entraînement quotidien) avec une augmentation de la densité et de la surface de ces microfractures après application d'ESWT focalisées, ou augmentation de leur longueur après application d'ESWT radiales. (Da Costa-Gomez T.M et al 2004)

Des microfractures, ont pu être induites chez le rat de laboratoire par l'utilisation de hautes énergies. (McClure, 2004)

#### Nécrose

Rompe et al. (1998) rapportent l'apparition de lésions nécrotiques du tendon d'Achille de Iapin à partir de 0,28mJ/mm². On a même pu assister à des perforations intestinales survenues lors de traitements de lésions osseuses (Klug, Kurz, Dunzinger et al., 2001)

#### Hémorragie

Les ondes de choc extracorporelles peuvent dénaturer les cellules endothéliales, pouvant aller ainsi jusqu'à la lyse complète de la paroi des vaisseaux. (Rompe et al. 1998)

#### Dissémination de germes

Bien que certaines études soient menées pour tenter de montrer un effet bactéricide des ondes de choc extracorporelles (Gollwitzer et al., 2006), on a pu constater l'apparition d'abcès peu après des traitements par ondes de choc. Ces abcès peuvent être cutanés comme internes (Unel et al.,2004). Il est par conséquent préconisé de réaliser soit un bilan hématologique complet afin de s'assurer de l'absence de leucocytose, soit une mise sous antibiotiques à large spectre avant tout traitement, afin de contrer toute infection possible.

# 3/ Bilan – Précautions à prendre lors d'utilisation thérapeutique des Ondes de Choc Extracorporelles

## Il apparaît donc:

- que le contrôle et la maîtrise du niveau d'énergie appliquée sont importants pour limiter les conséquences néfastes de l'utilisation des ondes de choc sur les tissus, d'autant plus que l'on travaille avec des ondes de chocs focalisées.
- que des précautions sont à prendre quant à l'application des ESWT sur certaines zones. Une bonne connaissance de l'anatomie (notamment angiologie et neurologie) de la région à traiter ne serait pas superflue.

Ainsi, il faudra éviter de focaliser les ondes de choc sur des gros vaisseaux, car les endothéliums deviennent plus perméables après l'application des ondes de choc extracorporelles, donc il y a des risques d'hémorragies.

Les lésions vasculaires mineures étant quasiment systématiques lors de traitement par ondes de choc extracorporelles, il faut s'assurer avant tout traitement que l'individu ne présente pas d'anomalie de la coagulation.

Du fait de cette de l'augmentation de la vascularisation et de la perméabilité des vaisseaux, les risques de dissémination de microorganismes, cutanés ou non, sont accrus. Dès lors, il apparaît contre-indiqué d'appliquer les ESWT au niveau, ou au voisinage, d'un foyer infecté

De la même façon, la thérapie par Ondes de Chocs serait également à éviter lorsque le patient présente des tumeurs cancéreuses. En effet, les ondes de choc extracorporelles augmentent le risque de dissémination des cellules cancéreuses dans le reste de l'organisme, du fait de leur action dispersive sur la tumeur en elle-même d'une part, et de l'augmentation de la perméabilité vasculaire autour des zones tumorales d'autre part.

L'effet des Ondes de Chocs sur la vascularisation s'exerce, nous avons pu le constater, dans tous les tissus. Leur utilisation chez un animal en croissance pourrait s'avérer néfaste, car il y a un réel risque de provoquer une ossification précoce des cartilages de croissance au voisinage de la zone traitée

(Remarque : à l'inverse, nous avons vu plus haut que ces propriétés sont au contraire mises à profit dans le traitement des déviations angulaires congénitales du poulain avec des résultats remarquables)

# l/ Ondes de choc focalisées versus ondes de choc radiales en thérapeutique ; sur quelles bases choisir l'une ou l'autre modalité :

A ce jour, peu d'études ont permis de comparer les effets des ondes de choc radiales par rapport aux ondes de choc focalisées. McClure, en 2002, a montré sur des chevaux que l'analgésie induite après traitement par ondes de choc radiales était comparable à celle obtenue après une application d'ondes de choc focalisées. (McClure, 2002). De fait, cette étude ne comprend pas d'étude statistique des résultats obtenus, et ne permet donc pas de démontrer une éventuelle supériorité d'une technique par rapport à l'autre.

De même, l'étude réalisée par l'équipe de Da Costa réalisée en 2004, comparant les effets des ondes de choc radiales sur l'os par rapport aux ondes de choc focalisées, ne permettent pas de montrer de différence flagrante entre les deux types de traitements.

Ce qu'il est possible d'avancer, est qu'a priori, les ondes de choc focalisées sont plus indiquées lorsque la lésion est profonde, parce que ce type d'onde pénètre plus profondément dans les tissus. En comparaison, les ondes de choc radiales ne permettent de traiter des tissus jusqu'à une profondeur d'environ 5 à 10 centimètres.

Cependant, les ondes de choc focalisées libèrent plus d'énergie que les ondes de choc radiales, et leur utilisation est donc liée à un plus grand risque de dommages des tissus sains environnants. A l'inverse, les ondes de choc radiales ont une action plus douce sur les tissus, et leur action semble suffisante, dans l'état actuel des connaissances, pour le traitement des pathologies squelettiques et musculo-tendineuses des chevaux et des carnivores domestiques.

Actions et indications thérapeutiques des ondes de choc extracorporelles :

- <u>Action antalgique</u>: traitement des pathologies douloureuses type arthrose
- <u>Action anti inflammatoire</u>: coupure des cycles inflammatoires chronique, traitement des pathologies inflammatoires chroniques de type tendinopathie, arthrose, etc. ...
- <u>Activation des ostéons</u> : traitement des non-unions osseuses, activation de la cicatrisation des fractures.
- <u>Activation de la transformation des tissus cartilagineux en tissus osseux</u> : traitement des déviations angulaires du jeune, fermeture de plaques de croissance
- <u>Augmentation de la vascularisation</u> : accélération de la cicatrisation des tissus (os, tendon, muscle) lésés.

# III/Etude de l'efficacité clinique des Ondes de choc radiales chez le chien

# Présentation des résultats obtenus sur 23 chiens

En mai 2005, un appareil SwissDolorClast-Vet®a été mis à disposition de l'Unité de Physiothérapie-Rééducation-Ostéopathie de l'ENVL par la société EMS (Nyons-Suisse) pour une évaluation de l'efficacité clinique des Ondes de chocs radiales sur diverses affections chez le chien.

Si, depuis plusieurs années déjà un certain nombre de vétérinaires équins français pratiquaient les ESWT sur les chevaux, c'est la première fois que cette thérapie est utilisée sur des chiens en France.

# A/ L'appareil générateur d'ondes de choc

# 1/ Présentation de l'appareil : Swiss DolorClast Vet®

Cet appareil « se compose d'une unité de contrôle et d'une pièce à main munie de deux embouts transmetteurs d'ondes ». Il délivre des ondes de choc radiales, dont le nombre, la fréquence et la pression d'application sont réglables avant le traitement, en fonction de la pathologie à traiter. <sup>6</sup>

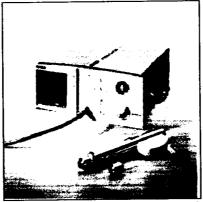


Fig 26 : Unité de contrôle du Suiss Dolorclast Vet

D'après Electro Médical System, plaquette d'informations sur le SwissDolorClast Vet ®

L'utilisation de cet appareil nécessite une source d'air comprimée, et c'est la projection par l'air comprimé d'une pièce métallique dans la pièce à main qui crée le choc.

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> EMS, Plaquette d'informations du SwissDolorClast Vet® parue en 2000

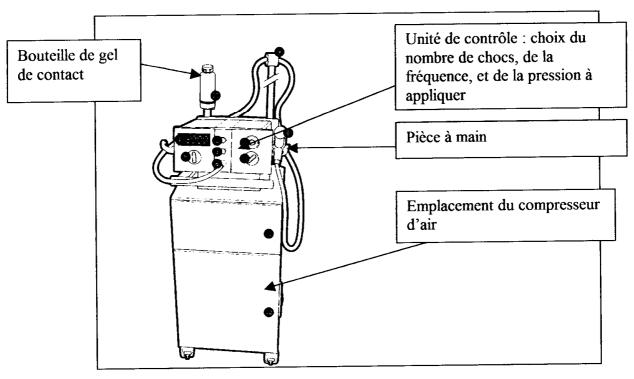


Fig 27 : Suiss Dolorclast Vet® : Appareil complet, avec source d'air comprimé
D'après Electro Médical System, plaquette d'informations sur le SwissDolorClast Vet ®

# 2/ Indications d'utilisations de l'appareil Swiss DolorClast Vet

L'appareil est indiqué pour le traitement de la douleur, lorsque le foyer douloureux est situé près de la surface de la peau : les études ont montré en effet que la diffusion des ondes de choc est efficace jusqu'à 35 mm sous la surface de la peau. Leur effet n'a pas été prouvé sur des lésions plus profondes<sup>7</sup>.

En dehors des traitements de divers pathologies musculo-squelettiques chez le cheval, l'utilisation de cet appareil est indiquépar le fabricant chez le chien dans le cas de :

- Fractures (1)
- maladies des tendon et des gaines tendineuses (2)
- dysplasie de la hanche (3)
- ostéopathie (4)
- maladie de Legg-Calvé-Perthes (5)
- maladies articulaires dégénératives (6)
- esquilles calcifiées (7)

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> EMS, Plaquette d'informations du SwissDolorClast Vet® parue en 2000

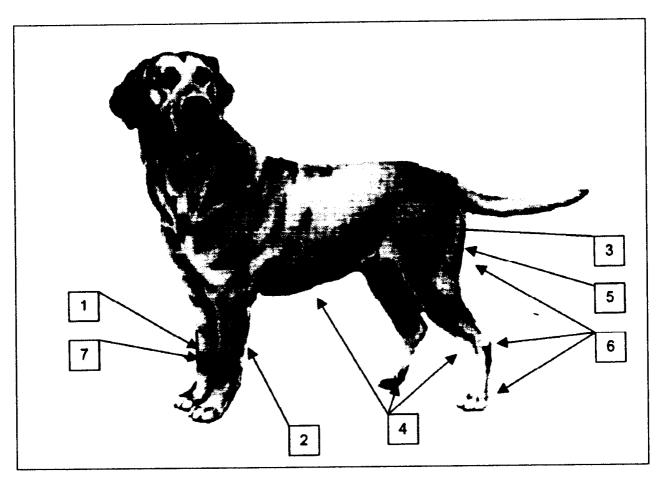


Fig 28 : Indications d'utilisations des ondes de choc radiales chez le chien selon le fabricant du SwissDolorClast Vet®

D'après EMS, Plaquette d'informations du SwissDolorClast Vet®

Ces indications se basent essentiellement sur un certain nombre d'observations cliniques ou expérimentales faites chez l'homme, chez l'animal de laboratoire ou in-vitro, présentées dans le chapitre précédent. A l'heure actuelle seuls les effets sur les affections dégénératives articulaires et, à moindre degré, sur les maladies des tendons, ont jusqu'ici fait l'objet de publications ou de présentations scientifiques en ce qui concerne le chien. (Bockstahler, Mueller et al. 2004, Danova, Muir 2003)

# 3/ Contre-indications à l'utilisation de cet appareil

- Contre-indications en rapport avec la physique des ESWT : (Bockstahler et al., 2005)

Du fait de la libération importante d'éergie aux interfaces et des effets vibratoires des ondes, il est contre-indiqué de les appliquer en regard ou au voisinage d'implants métalliques, car il y a une grosse d'impédance entre les tissus mous et les métaux utilisés.

-Contre-indications en rapport avec les effets biologiques des ESWT :

Les effets prouvés des ESWT sur la stimulation de la phase vasculaire de l'inflammation, de la vascularisation et de l'ostéogénèse amènent à ce qu'ils

soient formellement contre-indiqués : en cas de chirurgie récente (c'est à dire de moins de huit semaines), d'inflammation aiguës (notamment au cours d'épisodes aigus lors d'atteinte chronique d'une articulation), de néoplasie (à cause du risque de dissémination des cellules cancéreuses). Elles sont également contre-indiquées chez l'animal jeune (car il y a une immaturité du squelette, et on risque de modifier les modalités de croissance des os), en cas de désordres de coagulations (du fait des lésions vasculaires systématiques lors d'ESWT qui induisent un risque d'hémorragie non négligeable), et lors d'infections tant qu'elles ne sont pas complètement contrôlées par antibiothérapie (car il y a un risque accru de dissémination des agents pathogènes)

## 4/ Modalités pratiques générales :

Le diagnostic exact de la lésion doit être connu avant tout traitement, de façon à être sûr de ne pas être dans une des situations contre-indiquées.

Le traitement par ondes de choc peut s'avérer douloureux. Certains animaux peuvent nécessiter une administration de tranquillisants préalablement aux traitements. Ceci peut être fait au cas par cas, le vétérinaire s'adaptant alors au statut algique et/ou au caractère de l'animal.

Bien souvent, les hautes fréquences sont mieux tolérées que les basses fréquences : on va donc souvent commencer le traitement à une fréquence haute (10 Hz par exemple) le temps d'habituer l'animal, pour ensuite diminuer la fréquence au bout d'une cinquantaine voir d'une centaine de chocs afin d'atteindre la fréquence jugée efficace pour le traitement de la lésion.

Au cours du traitement, il est important de maintenir la pièce à main bien perpendiculaire par rapport à la zone à traiter, de façon à ce que l'axe du flux d'ondes soit le plus orthogonal possible par rapport au plan de la surface réceptrice. Il s'agit de limiter au maximum les pertes d'énergie par réflexion et réfraction à chaque interface, en particulier à la surface du corps.

A cet effet, il est également impératif que la peau soit tondue, dégraissée, et qu'un gel conducteur de très bonne qualité (type gel à échographie) soit placé entre l'embout générateur d'ondes et la peau, de façon à optimiser le contact et limiter l'atténuation des ondes dans l'air.

La perte d'efficacité et de profondeur de pénétration des ondes sonores chez le chien non tondu par rapport au chien tondu a été prouvée avec les ultrasons. (Steiss, Adams, 1999)

Pour limiter la douleur et éviter de créer des lésions de la peau ou des tissus sous-cutanés par compression ischémiques ou par un effet de cavitation exagéré des zones situées au contact de l'applicateur, il est impératif d'imprimer de façon continue un mouvement à la pièce à main pendant toute la durée de l'application des ondes de choc. Ceci sera d'autant plus important dans les zones aux reliefs osseux marqués. Dans tous les cas, il faudra éviter les zones de trajet superficiel d'artères ou de veines, et faire en particulier attention aux régions suivantes : triangle fémoral, face médiale de la cuisse, face crânio-médiale du jarret, triangle delto-pectoral en direction du plexus brachial.

Au cours du traitement des chiens inclus dans cette étude, il a été procédé de la façon suivante (S.Sawaya, communications personnelles) :

-Traitement des articulations : on associe un mouvement propre circulaire et de petite amplitude de la pièce à main à une translation couvrant toute la zone articulaire. Il faut insister en regard des récessus synoviaux, des interlignes articulaires, et des sites de développement d'ostéophytes (localisés par radiographie). Le traitement est plus efficace sur des ostéophytes jeunes en cours de formation. On insistera de même sur les zones d'insertion ligamentaires et musculaires péri-articulaires. Ligaments et tendons sont suivis selon la direction de leurs fibres.

-Traitements des tendons et des muscles : le mouvement d'ensemble de la pièce à main est un balayage suivant le sens des fibres musculaires. Dans le cas de contractures, traitement circulaire de la zone contractée du centre vers la périphérie, en alternant avec des passages dans le sens des fibres du muscle.

-L'application sur les points d'acupuncture locaux (30 à 40 secondes pour chaque point) est certainement très intéressante. En physiologie acupuncturale, il est suggéré que l'antalgie produite par stimulation de ces points serait surtout le résultat de l'augmentation des mécanismes du Gait Control.

Les propriétaires des animaux traités doivent être informés :

-de la possibilité d'apparition, juste après application des ESW, d'une forte congestion avec pétéchies, œdème ou hématome de la zone traitée. Ces effets sont transitoires et doivent disparaître dans les 48h suivant la séance.

-Que, selon la majorité des observations cliniques réalisées à l'heure actuelle chez le cheval et chez le chien, il apparaît que les effets des ESW sont optimaux 3 à 4 semaines après la dernière séance.

-Que pendant toute la durée du traitement et dans les 3 à 4 semaines suivant la dernière séance, l'exercice de l'animal doit être contrôlé et limité à des promenades au pas, en laisse pour les chiens. Ceci sera d'autant plus important chez les chiens de travail ou de sport, chez lesquels l'entraînement et toute compétition devront être suspendus.

## B/ Sujets :

La majorité des chiens traités par ondes de choc à l'Unité de Physiothérapie-Rééducation-Ostéopathie de l'ENVL ont été référés pour un traitement de physiothérapie par leur vétérinaire praticien. Pour les autres, les propriétaires sont venus de leur propre chef afin de tenter d'améliorer les conditions de vie de leur animal grâce à la physiothérapie.

Les chiens sélectionnés pour être traités par ondes de choc radiales l'ont été selon les indications fournies par le fabricant EMS (cf. ci-dessus).

Ont été inclus dans cette étude les animaux dont le suivi clinique et biomécanique ont pu être assurés jusqu'à au moins trois semaines après la dernière séance de traitement par ESWT.

Nous les avons divisé en quatre groupes principaux :

- -Affections musculaires
- -Affections tendineuses
- -Arthrose de la hanche
- -Arthroses diverses et multiples

Un cinquième groupe illustre l'intégration des ESWT radiales dans un protocole de physiothérapie chez deux chiens présentant des déviations d'aplombs associées à des malformations diverses.

## C/ Le protocole de traitement

Le protocole de traitement (nombre de séance, nombre de chocs, pression, fréquence) s'est basé essentiellement sur ceux conseillés par le fabricant pour l'application des ESW radiales chez le chien. Ils sont élaborés à partir des constats tirés des résultats des essais cliniques sur des affections équivalentes chez l'homme et chez le cheval d'une part, et des premiers résultats effectués chez le chien jusqu'alors (Bockstahler et al. 2004, Millis et al. 2005)

Les protocoles proposés par la société EMS (Nyons-Suisse) sont présentés en annexe 3.

Ils sont réalisés selon les modalités et précautions exposées au paragraphe précédent, et consistent, selon le cas, en 3 à 4 séances espacées d'une semaine. Les paramètres sélectionnés (nombre de séance, nombre de chocs, pression, fréquence) seront détaillés dans les paragraphes consacrés à l'étude de chaque type d'affection traitée aux ondes de chocs.

# D/ Méthodes d'évaluation de l'effet du traitement

## 1/ Evaluation clinique

Le diagnostic de la lésion a été préalablement établi par le vétérinaire référant ou dans les services cliniques (Chirurgie, Médecine des Animaux de Compagnie) de l'ENVL.

L'état d'avancée de la pathologie a été objectivée à l'aide d'examens d'imagerie : radiographies pour les affections ostéo-articulaires, échographies pour les lésions musculo-tendineuses.

Au cours de la première consultation à l'Unité de Physiothérapie-Rééducation-Ostéopathie, on procède à un bilan lésionnel, algique, et fonctionnel global. Chaque animal est examiné en statique (aplombs, attitudes antalgiques) puis en mouvement (pas, trot, sur le cercle). On procède ensuite à un examen palpatoire et des tests articulaires sont réalisés sur tous les segments du corps (tête, encolure, pont vertébral et membres). Douleurs, raideurs, points de tensions, restrictions de mobilité sont notés.

Les amplitudes articulaires des segments affectés sont mesurées à l'aide d'un goniomètre. Les repères anatomiques pris sont toujours les mêmes à chaque évaluation et correspondent à ceux décrits par Jaegger et al (2002) dans leur étude goniométrique chez le labrador retriever.



Fig 29 : Exemple de mesure goniométrique évaluant l'angle d'extension de la hanche sur un chien

Photo S.Sawaya ENVL

La contribution et l'interrogatoire des propriétaires sont importants, car ce sont eux qui côtoient et observent chaque jour leur compagnon , et dont la satisfaction ou non sera le véritable juge du succès ou de l'échec de la thérapie. Ils apporteront des renseignements précieux qui ne peuvent pas être mis en évidence par le clinicien : quelles réactions locales et générales ont été observées après chaque ESWT ? Y a-t-il eu amélioration de la douleur et/ou de la boiterie après chaque séance ? A quel moment et pour combien de temps ? Ont-ils noté un changement, une amélioration, dans le confort de vie de leur animal ? A partir de quand ? Dans quel sens ? etc. ...

Une évaluation du segment traité, et des principales dysfonctions mises en évidence à la première consultation est réalisée à chaque séance. Un bilan global est à nouveau réalisé à la dernière séance, puis aux contrôles à 3- 4 semaines après la dernière séance, puis, selon la disponibilité des propriétaires, 3 mois et éventuellement 6 mois après la dernière séance.

# 2/ Evaluation par imagerie médicale

Les lésions sont évaluées, selon l'appareil lésé, par radiographie ou par échographie avant de débuter le traitement. Ils sont ensuite réévalués à court et long terme après la fin du traitement : un examen d'imagerie médicale est fait trois semaines à un mois après la dernière séance d'ondes de choc, puis trois mois après, puis six mois.

# 3/ Evaluation biomécanique de la marche au moyen d'un tapis de mesure de type GAITRite®

### a/ Présentation de l'appareil :

Nous ne ferons ici que présenter très brièvement les principes de ce système de mesure, qui a déjà fait l'objet de plusieurs études dirigées par le Pr. Viguier (Unité de Chirurgie, ENVL), ayant permis d'adapter et de valider son utilisation chez le chien. (Anonymous 2005, Anonymous 2006, LeQuang 2005)

Le tapis de marche GAITRite® est une piste de marche portable, équipée de capteurs électroniques. Il est de faible épaisseur, de façon à modifier le moins possible les paramètres de la marche du patient.

Le tapis a une longueur de 4,6m pour une largeur de 0,8m et une épaisseur de 6 mm. Il est constitué de 7 plaques de capteurs résistifs de 12,7mm² juxtaposés qui permettent la prise des mesures. La fréquence d'acquisition des données est de 80 Hertz, ce qui permet de s'adapter à la vitesse de marche des plus petits des animaux. (Le Quang, 2005)

Il est connecté à un ordinateur doté d'un logiciel d'acquisition de données. Le logiciel GaitFour® a été spécialement adapté pour une analyse de la marche des quadrupèdes par le Pr Viguier et le Dr Le Quang du service de Chirurgie et de l'Unité de Chirurgie Expérimentale de l'ENVL (Le Quang, 2005)

Il permet d'analyser les paramètres spatiaux et temporels de la locomotion par l'intermédiaire d'un réseau de capteurs reliés à un ordinateur. Ces paramètres sont calculés à partir des données initiales : coordonnées de chaque pas, temps de début d'appui, temps de fin d'appui, et valeur de la pression au cours de l'appui. Cette acquisition se fait sur les 4 membres selon leur séquence au cours d'une foulée.

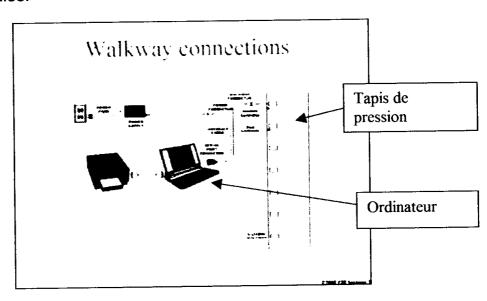


Fig 30 : Réseau de connections entre l'ordinateur et le tapis de marche

Rowling M.200 : The GaitRite System, Guide d'Utilisation

Les principaux paramètres calculés et qui ont servi à l'analyse de la marche chez les chiens traités sont :

-Données spatiales : longueur de la foulée.

-Données temporelles : durée de la foulée, durée des phases d'appui et de soutien, la vitesse de la foulée

-Données cinétiques : pour chaque membre à chaque foulée : pression maximale (Pmax) enregistrée et nombre de capteurs activés durant la phase d'appui, et ceci, pour les quatre membres simultanément. Les données cinétiques sont de type semi-quantitatif : les Pmax sont exprimées en équivalents Unité Système propre au GAITRite®, et le nombre activés donne une idée de la surface maximale de contact au moment de l'appui au sol (chaque capteur formant un carré de 12,7mm² de surface). Selon la formule F=P/S, ces données permettent d'avoir une idée de l'évolution de la force exercée par chaque membre à chaque appui.

#### b/ Déroulement des tests :

Chaque animal est amené à se déplacer au pas (ou au trot) en ligne droite sur le tapis, guidé par son maître ou par un assistant. L'antérieur qui est posé en premier sur le tapis est noté. Plusieurs passages sont réalisés jusqu'à ce qu'on obtienne au moins trois passages avec au minimum trois foulées correctes chacun : c'est à dire quand le chien se déplace d'un pas régulier, sans s'arrêter ou changer d'allure, sans se retourner à droite ou à gauche pour regarde son maître.

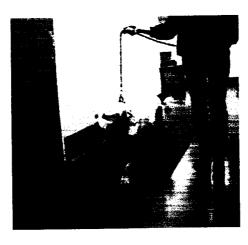


Fig 31 : Exemple d'un chien marchant sur le tapis GaitRite®

Photo S.Sawaya, ENVL

Bien évidemment, ayant affaire à des animaux parfois très boiteux, et à la locomotion parfois très modifiée (notamment des chiens fortement dysplasiques des deux hanches) il est difficile d'obtenir toujours un critère parfait de régularité.

Les paramètres analysés sont tout d'abord les données temporelles : la vitesse de déplacement, la durée de la foulée pour chaque membre, la durée d'appui de chaque membre, la durée de soutien de chaque membre.

#### c/Traitement des résultats :

Les données calculées par le logiciel GaitFour® sont ensuite exportées vers un autre logiciel spécifiquement développé pour cette analyse par le Pr Viguier et le Dr Le Quang, qui permet de calculer de nouveaux paramètres, présentés dans le tableau ci-dessous.

animal : t <del>es</del> t du  : Hauteur antérieur (cm)	Artic Wlk 6.4 Bis 19/10/2006 11:36 40	7	Ecc	ole Natio	nale
Hauteur postérieur (cm)	33	<b>*</b>	/ Vé	térinaire	
Poids (kg)	29 Kg		• •		
temps foulée moyenne (s) :	0.75	<b>V</b>	de	Lyon	
distance foulée moyenne (cm):	63.25	•			
vitesse foulée moyenne (cm/s):	84.98				
	durée appui (s)	durée relative	pression max	capteurs activés	angle (°)
Moyenne					
antérieur droi	t 0.44	0.61	30.67	12.00	76.22
postérieur droi	t 0.39	0.51	17.00	9.00	87.79
postérieur gauche	e 0.43	0.59	21.00	9.00	87.10
symétrie G/D	1.05	1.08	1.13	1.10	1.01
symétrie antérieur/postérieur	1.08	1.10	1.67	1.44	0.88
symétrie antG/antD	1.01	1.00	1.07	1.17	1.01
symétrie postG/postD	1.10	1.17	1.24	1.00	1.01
comparaison (st)					
entre antérieurs P	= 0.743	0.967	0.438	0.321	0.13
entre postérieurs P=	= 0.474	0.009	0.225	1.000	0.74

Fig 32 : Exemple de fiche de résultats proposés après traitement des données de la marche par le logiciel adapté ; exemple du chien Artic

Dans cette étude, on s'intéressera plus particulièrement aux divers indices de symétrie en rapport avec la répartition des forces exercées par les membres et concernant les paramètres Pmax et Nombre de capteurs activés :

- -Symétrie Antérieur Gauche/Antérieur Droit, Postérieur Gauche/Postérieur Droit
  - -Symétrie Gauche/Droite
- -Symétrie Antérieurs/Postérieurs qui indique le degré de report de charge sur les membres antérieurs lors d'affection des membres pelviens (et *vice versa*)

La grande fiabilité de la signification de ces indices de symétrie, et de leur corrélation avec les différents types de boiteries ont été validées par plusieurs études avec groupes témoins (Le Quang 2005, Vaccaro 2006, Bergerault 2006, Maître 2005)

Afin de pouvoir comparer les variations des valeurs moyennes des Pmax et Nombre de capteurs au fil des semaines, de façon à en limiter les variations dues notamment à la vitesse de déplacement qui ne peut jamais être exactement la même d'un passage à l'autre, et d'un jour à l'autre (d'autant plus qu'elle peut être modifiée par l'atténuation ou l'augmentation de la douleur, l'habituation au lieu d'examen, etc. ...), les valeurs relatives sont calculées :

Valeur relative = Valeur calculée pour un membreµ100/(somme des valeurs mesurées sur les 4 membres)

Elle permet d'analyser si une amélioration d'un indice de symétrie est le résultat d'une augmentation de la Pmax exercée par le membre traité, ou une répartition différente de la Pmax exercée par les autres membres, par un jeu de réajustements posturaux résultant d'une atténuation de la douleur ou de la réduction de contractures.

Les valeurs de référence calculées chez des chiens sains sont (Le Quang 2005) :

#### Pour les Pmax:

Ant/Post = 1,5 Ant G/Ant D=1 Post G/ PostD = 1

D'où une répartition des Pmax relatives de 60% sur les membres antérieurs et de 40% sur les membres postérieurs.

Cette mise en charge plus élevée des membres antérieurs et cette répartition correspondent bien à ce qui a été maintes fois étudié au moyen de plateaux de forces, et est maintenant bien établi chez le chien.

## Pour le nombre de capteurs activés :

Ant/Post = 1,3 AntG/Ant D=1 PostG/Post D = 1 D'où une répartition des surfaces relatives de 56% pour les antérieurs et de 44% pour les postérieurs.

Dans cette étude, seuls ont été pris en compte les tests réalisés au pas, avec des vitesses moyennes de la foulée ne montrant pas de différence supérieure à 1 Km/h (écart-type) d'un test à l'autre (Vitesse au pas chez des chiens de la taille des Golden Retriever mesurée sur tapis roulant : entre 2,8 et 3,5 Km/h)

# E/ Etude clinique, présentation des patients :

### 1/ Arthrose coxo-fémorale et ESWT radiales :

Huit chiens présentant pour la plupart une arthrose coxo§fémorale sévère ont suivi un protocole de thérapie aux ESWT.

(Rq. : D'autres chiens présentant une coxarthrose associée à d'autres affections ont bénéficié d'applications d'ESW sur les hanches. Ils ont été dans les autres groupes de cette étude.)

Nobel est un Boxer mâle de 8 ans, souffrant d'une dysplasie bilatérale sévère des hanches associée à une arthrose sévère. Ces lésions sont associées à une spondylose ankylosante sévère. Il est traité de façon répétée par l'administration de Métacam® lors de chaque crise douloureuse.

<u>Sumo</u> est un Bouvier Bernois mâle de 5 ans, souffrant d'une dysplasie bilatérale des hanches associée à une arthrose sévère. Cette affection est invalidante : il présente une faiblesse de l'arrière-main, et un manque d'allant.

<u>Uriane</u> est une Golden Retriever femelle de 4 ans, atteinte d'une dysplasie bilatérale des hanches associée à de l'arthrose. Elle présente depuis un an des difficultés locomotrices.

<u>Vilette</u> est une Golden Retriever femelle de 3 ans, souffrant d'une dysplasie bilatérale des hanches associée à une arthrose débutante. Elle présente une fatigue après l'exercice, ainsi que quelques épisodes de boiterie. Les séances de thérapies manuelles réalisées auparavant ont permis d'apporter une amélioration transitoire, et depuis, la chienne présente un confort fluctuant.

<u>Voodoo</u> est un chiot mâle Dalmatien de 8 mois, présentant une très légère dysplasie de la hanche droite, sans arthrose. Il souffre également d'une ostéochondrose disséquante du sacrum.



Fig 33 : Radio des hanches avec une arthrose importante de la hanche gauche (Noter la perte de radio-transparence de l'interligne articulaire coxo-fémorale, et la production d'ostéophytes notamment sur le col du fémur) Radio ENVL, Service d'Imagerie

Les chiens suivants ont eux été traités par ondes de choc extracorporelles pour aider à la récupération après des résections tête et col du fémur (RTCF), en plus de traiter des lésions d'arthrose des articulations coxo-fémorales.

<u>Tarzan</u> est un Berger Allemand mâle ayant subi une RTCF à droite et souffrant d'une dysplasie sévère de la hanche gauche. Les deux hanches présentent des lésions d'arthrose importantes.

<u>Bilko</u> est un chiot labrador mâle de 9 mois, souffrant d'une dysplasie bilatérale des hanches, associée à des lésions d'arthrose. Il a subi une RTCF à droite deux mois auparavant, et présente encore une forte boiterie du membre postérieur droit.

Nutsy est un Golden Retriever mâle de 9 ans, souffrant d'une dysplasie bilatérale des hanches, associée à des lésions d'arthrose sévères. Il a subi une RTCF à droite trois mois auparavant, et a montré une très bonne récupération fonctionnelle. Il a cependant montré des signes de douleur associés à une boiterie intermittente du membre postérieur gauche.



Fig 34 ; Radio des hanches, avec une RTCF à droite. Présence d'arthrose de la hanche droite

(Noter l'absence de tête fémorale à droite, et la présence d'ostéophytes)

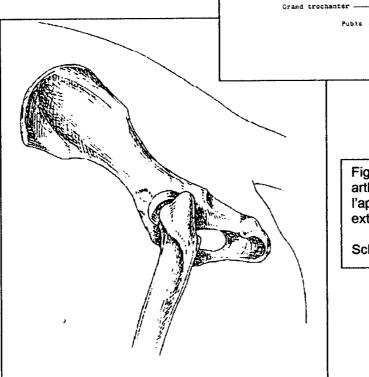
Radio ENVL, Service d'Imagerie

# Présentation de l'articulation coxo-fémorale, et visualisation du site d'application des ondes de choc extracorporelles radiales :

(Remarque : sur la photo présentée ici, la zone à traiter n'est pas tondue. Nous rappelons que pour assurer un bon contact entre le foyer et la peau, il est nécessaire de tondre l'animal, et d'appliquer un gel de contact sur le site à traiter.)



Fig 35: Lieu d'application des ondes de choc extracorporelles radiales lors de traitement d'arthrose de l'articulation coxo-fémorale photo E.Demare et S.Sawaya, ENVL



articulaire de la hanche

Fig 36: Articulation coxo-fémorale: arthrologie et site concerné par l'application des ondes de choc extracorporelles radiales (flèche bleue)

VUE LATERALE

Capsule articulaire :

Schémas d'après Barone.

Etat clinique des chiens à l'admission (semaine 0)

	ue des chiens à l'admi	Examen clinique palpatoire	Examen complémentaire
	Signes présentés à l'admission	клашен спинчие разрасоте	машен соприментанс
consultation	Tadmission		
Nobel		La hanche gauche est douloureuse à la	Radiographie des
		palpation-pression. On note une forte	hanches:
Crises		densification des tissus crânialement à la	Dysplasie bilatérale
douloureuses		hanche.	associée à une arthrose
récidivantes	Nobel présente une	* 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	sévère.
	démarche raide avec un	Les muscles de la cuisse gauche sont	
	dos voussé et une boiterie	contractés, et Nobel présente une restriction d'amplitude à l'extension de la hanche.	Radiographie du rachis :
	du membre postérieur	d ampilitude a r extension de la nanche.	•
	gauche.	La hanche droite n'est pas douloureuse, mais	Spondylose de quasiment toutes les vertèbres
		présente aussi une restriction d'amplitude en	thoraciques et lombaires.
But :		extension.	Les becs de perroquets
amélioration du			sont soudés entre L4 et S1.
confort		La zone de la charnière lombo-sacrale est	On note une sclérose des
		chaude et très douloureuse à la mobilisation en	plateaux vertébraux de L1,
		extension.	L2, L3, L7, et S1.
			Présence d'arthrose des
		La charnière thoraco-lombaire est également	processus articulaires
		douloureuse à la palpation du côté gauche.	lombaires.
Sumo	Sumo présente une	L'antérieur droit présente une restriction de	Radiographie des
-	faiblesse de l'arrière train.	mobilité du coude et du carpe.	hanches:
	Il est presque plantigrade	A la palpation-pression du tendon de l'ilio-	subluxation bilatérale des
Faiblesse de	des antérieurs, et présente	psoas à droite, Sumo montre une légère	articulations coxo-
l'arrière main.	une boiterie du membre	douleur. Il ne supporte pas l'appui monopodal	fémorales associée à des
	postérieur droit, avec un	sur le membre postérieur droit. Il présente une	lésions d'arthrose sévères. Début de comblement des
	mouvement d'extension	restriction d'amplitude à l'extension de la	cavités acétabulaires.
	exagéré du jarret	hanche droite, ainsi qu'à l'abduction et à la	cavites acetabulailes.
<b>T</b>	(grade 1/4)	rotation externe du membre.	reserved.
But : amélioration du		Sumo ne montre pas de douleur à la	
confort et de la	İ	mobilisation du membre postérieur gauche,	
locomotion.		mais une restriction d'amplitude est mise en	
iocomotion.		évidence à l'extension de la hanche gauche.	
Uriane	Uriane présente une	Uriane montre de très discrets signes de	Radiographie des
	boiterie discrète au pas du	douleur à la mobilisation du membre postérieur	hanches:
Difficultés	postérieur droit.	droit, en fin d'extension.	dysplasie bilatérale sévère
locomotrices et	Au trot, elle se désunit très	Malgré une hanche droite plus raide, les	associée à des lésions
crises	rapidement.	amplitudes de flexion et d'extension des deux	d'arthrose.
douloureuses		hanches restent normales.	
But:		Les signes cliniques sont très discrets, mais il	
amélioration du confort et de la		est à noter que la chienne est sous traitement	
démarche		anti-inflammatoire depuis trois semaines.	
uchia: CHC			
Vilette	Vilette se déplace avec le	Vilette n'exprime pas de douleur à la	Radiographies des
	déhanchement typique du	palpation-pression des hanches. Elle est	hanches:
Irrégularité	chien dysplasique, et reste	cependant plus sensible en fin d'extension des	on note une dysplasie
discrète lors de	sous elle lors des	hanches, malgré une amplitude correcte des	coxo-fémorale bilatérale
ia marche.	déplacements.	deux articulations.	plus importante à droite
Peu joueuse.			qu'à gauche, associée à des
	Après examen attentif, le	La hanche droite est légèrement plus raide et	lésions d'arthrose. Les
But:	postérieur droit semble	plus inconfortable en fin d'extension que la	cavités acétabulaires
amélioration du	plus raide et plus trainant	hanche gauche.	commencent à se combler.
confort	lors de la phase de soutien.	•	1

Chien et motif de consultation	Signes présentés à l'admission	Examen clinique palpatoire	Examen complémentaire
Voodoo Anomalies de la démarche	Voodoo marche avec le dos voussé, et le bassin affaissé.	A la palpation du bassin, Voodoo montre des signes de douleur : il s'affaisse sur ses postérieurs dès qu'on appuie sur son bassin.  Il présente des restrictions de mobilité des articulations vertébrales au niveau de la jonction lombo-sacrale.	Radiographie du bassin: on note une discrète dysplasie de la hanche droite, associée à des lésions du sacrum compatible avec une ostéochondrose disséquante du sacrum.
Nutsy  Dysplasie bilatérale sévère avec arthrose. Crises douloureuses.  But: retarder au maximum une deuxième chirurgie	Nutsy présente une légère asymétrie des postérieurs au pas, et une boiterie discrète du postérieur gauche au trot. Les mouvements de latéroflexion du pont vertébral sont restreints à droite. On constate une légère boiterie de l'antérieur droit associée à une amplitude de flexion restreinte.	Le postérieur droit (membre opéré) présente une musculature correcte, malgré une légère atrophie des muscles fessiers. La hanche droite est encore légèrement douloureuse à la palpation.  Les muscles du membre postérieur gauche sont atrophiés, et de volume inférieur à ceux du membre controlatéral. La palpation des iliopsoas à gauche est légèrement douloureuse.  La charnière lombo-sacrale présente des restrictions de mobilité.	Radiographies des hanches: arthrose sévère des deux hanches. Diminution de la densité osseuse acétabulaire et de la tête fémorale gauches. Ostéophytes sur la face externe acétabulaire gauche.
Tarzan Dysplasie bilatérale des hanches associée à des lésions importante d'arthrose. Crises douloureuses. But: traitement de la douleur.	Tarzan a bien récupéré de sa RTCF à droite. Amyotrophie des muscles fessiers et de la cuisse sur les deux membres postérieurs.	Tarzan présente encore, 15 jours après la RTCF, une douleur à la palpation de la région crâniale de la hanche. La région de la hanche est sensible à la palpation en région médiale, et présente une restriction en extension.  Tarzan ne tolère pas la mobilisation du postérieur gauche, et montre une sensibilité importante à la palpation-pression de la hanche.	Radiographie des hanches: des lésions d'arthrose importantes sont visibles sur la hanche droite. On note une dysplasie sévère de l'articulation coxo-fémorale à gauche, associée à d'importantes lésions d'arthrose.
Bilko  Difficultés de récupération après une RTCF à droite.  But: amélioration du confort et de la récupération	Bilko présente une boiterie importante du postérieur droit, avec suppression d'appui fréquente au pas et constante aux allures supérieures. La cuisse droite est amyotrophiée.	mobilisation, et présente une forte restriction en extension.	Radiographie des hanches: à droite, la ligne de coupe de la RTCF est irrégulière, avec présence d'esquilles osseuses et d'importantes lésions d'arthrose. La hanche gauche est subluxée, avec des lésions d'arthrose modérée.

Tableau 4 : bilan clinique des chiens lors de la première consultation de physiothérapie.

Traitement et évolution clinique :

Chien	ement et évolution cliniqu Nobel	Sumo	Uriane	Vilette
			ESWT 2000 chocs,	ESWT 2000 chocs,
Semaine	ESWT 1000 chocs,	ESWT 2000 chocs, P=2 bars.	P=2 bars.	P=2 bars.
0	P=1,8 bars. Premiers 500 chocs à 10 Hrz	Premiers 500 chocs à	Premiers 500 chocs à 10	Premiers 500 chocs à
	puis 9 Hrz sur chaque	10 Hrz puis 9 Hrz sur	Hrz puis 9 Hrz sur	10 Hrz puis 9 Hrz
	hanche.	chaque hanche.	chaque hanche.	sur chaque hanche.
	nanche.	onaque nanener		•
	1000 chocs de chaque côté du	Suivies de	Suivies de mobilisations	Suivies de
	segment lombaire,	mobilisations passives-	passives.	mobilisations
	P=1.8 bars, 10 Hrz.	stretching.	Acupuncture de	passives-stretching
			tonification de l'arrière	
			train.  2ème séance ESWT des	2 <sup>ème</sup> séance ESWT
Semaine	La douleur est diminuée, et on	Sumo trotte maintenant	deux hanches.	des deux hanches.
1	note également une bonne	sans boiter, et présente au pas essentiellement	deux nanches.	des deux nanches.
	amélioration des contractures musculaires des muscles	une irrégularité du		
		membre postérieur droit.		
	fessiers et des cuisses.	memore posterieur droit.		
	Sa démarche est plus souple, et	2 <sup>ème</sup> séance ESWT des		
	l'amplitude en extensions des	deux hanches.		
	hanches est meilleure.	dvar namenos		
	Harrones ost memorales			
	Nobel présente une réduction	THE STATE OF THE S	<b>1</b>	
	des douleurs thoraco-lombaires			
	et lombo-sacrales ainsi qu'une			
	forte réduction des contractures			
	des muscles fémoraux caudaux			
	et ilio-psoas.			
	2ème séance ESWT des deux			
	hanches et lombaires		Uriane a présenté un	Vilette semble être
Semaine	L'amélioration des signes		épisode d'inconfort,	plus à l'aise, plus
2	cliniques est nette. Nobel s'est		pouvant être lié au mauvais	
	remis à courir, et semble plus à		temps des derniers jours.	souple dans sa
	l'aise dans ses déplacements quotidiens.		Elle semble fatiguée après	démarche. Il est
	quotidiens.		chaque séance d'ondes de	cependant difficile
	Radios des hanches : on note		choc, puis retrouve son	d'affirmer une réelle
	la présence de remaniements	<b>,</b>	allant le lendemain.	amélioration.
	osseux. La densité osseuse est		L'amélioration de son état	
	meilleure, et les interlignes		général est nette.	3 <sup>ème</sup> séance ESWT
	articulaires plus nettes.			des deux hanches.
			3 <sup>ème</sup> séance ESWT	
	3 <sup>ème</sup> séance ESWT des deux			
	hanches et lombaires.	<u> </u>		
Semaine		Tous les signes cliniques		
3		ont rétrocédé.		
		Sumo trotte très bien et		
		garde juste une légère		}
		irrégularité du membre postérieur droit au pas.	1	
		La manipulation est		
		devenue facile, sans		1
		douleur à la mobilisation		
		des hanches.		
1		WAN IIMIIAIIAN		
Į.		3ème séance ESWT des		
1		2 Seauce Pow I des		i
		deux hanches.		

Semaine 4-8	Nobel a présenté un petit épisode de boiterie suite à des jeux avec ses congénères, traité par thérapies manuelles.  4ème séance ESWT des deux hanches et lombaires	Il paraît en bon état général, malgré une phase d'inconfort lors de la sixième semaine.  A l'examen clinique, il est un peu raide, avec des difficultés à l'engagement et à l'extension du membre postérieur droit. Il est douloureux à la pression de la hanche gauche.  Il est traité par thérapies manuelles.	Très bonne évolution. Uriane n'a plus présenté d'épisode de boiterie. Les amplitudes articulaires sont maximales pour les deux hanches.	Vilette joue plus, et semble moins sous elle. Cependant, le membre postérieur droit traîne de nouveau légèrement. Il est également plus raide que le membre postérieur gauche à la mobilisation, malgré des amplitudes maximales pour les deux hanches.  Vilette ne montre pas de douleur à la palpation-pression des hanches.
3 mois après la fin du traitement	Avec le retour à des climats humides, Nobel a représenté des périodes d'inconfort, avec douleur et faiblesse de l'arrière train.  Une nouvelle cure d'ESWT n'a pu être réalisée du fait de son éloignement géographique.  Il a été remis sous anti-inflammatoires non stéroïdiens par son vétérinaire traitant.	Sumo ne présente à ce jour aucune boiterie ou gêne lors de l'examen palpatoire.	Uriane ne boite pas, et joue sans aucun problème. Elle présente une légère raideur à l'extension de la hanche droite, corrigée rapidement après quelques mobilisations. Radios des hanches: les clichés sont difficilement comparables aux précédents. Cependant, on ne note pas d'évolution flagrante de l'arthrose, et il semble que les contours osseux soient plus nets.	Très bonne récupération de la locomotion. Le postérieur gauche présente toujours une légère asymétrie. La douleur du doigt trois a disparue.
Evolution à long terme			Un an après Uriane a représenté une boiterie du postérieur droit. Les lésions radiographiques se sont aggravées, et Uriane a subi une RTCF à droite.	

Tableau 5a : traitement et évolution clinique des chiens traités par ondes de choc extracorporelles radiales.

Chien	Voodoo	Nutsy	Tarzan	Bilko
Semaine 0	ESWT 2000 chocs,	ESWT 2000 chocs,	ESWT 2000 chocs,	Bilko a été traité par thérapies
3011141114	P = 2bars,	P=2 bars,	P=2 bars,	manuelles avant l'application
	10 Hrz	9-10 Hrz	10 Hrz	des ondes de choc, ce qui l'a
	sur chaque hanche.	sur les deux hanches,	sur la hanche	amélioré.
	Sur Chaque hone	Suivi de mobilisations	gauche.	ESWT 2000 chocs, P=2 bars,
		passives, travail	Marche sur tapis	10 Hrz sur les deux hanches.
		myotensif, acupuncture	roulant.	Suivi de mobilisations
		Travail sur tapis roulant		passives, acupuncture
Semaine 1	L'amélioration du	Nutsy a présenté un	Tarzan a fait le fou	Les propriétaires ont noté une
Semanne 1	confort est notable :	épisode de boiterie du	durant le week end, et	très forte amélioration de l'état
	Voodoo n'est plus	postérieur gauche 4 jours	a ensuite présenté un	général de Bilko.
	douloureux à la	après la première	épisode douloureux	Cependant, il a des phases de
	1	application d'ondes de	passager.	jeu très violentes, dont la
	palpation-pression de	choc extracorporelles.	On note cependant un	dernière a été suivie d'une
	la hanche, et ne	choc extracorporenes.	gain d'amplitude à	phase de boiterie importante.
	montre plus de	oème ( DONNE loc	l'extension de la	Au moment de la consultation,
	résistance à la	2ème séance ESWT sur les	1	Bilko présente une très intense
	mobilisation en	deux hanches.	hanche gauche.	douleur à la mobilisation et à la
	extension.		a) ( ) BOWE	palpation de la hanche droite.
			2èmé séance ESWT	
	2 <sup>ème</sup> séance ESWT		sur la hanche gauche	2ème séance ESWT sur les
	sur les deux hanches			deux hanches.
				Bilko est nettement amélioré
				immédiatement après la séance.
Semaine 2	La 3 <sup>ème</sup> application des	3ème séance ESWTsur les	Tarzan présente moins	
	ondes de choc n'a pu	deux hanches.	de gêne à la	
	être réalisée pour		mobilisation des	
	cause de		hanches : il présente	
	déménagement du		plus de réticence	
	propriétaire.		qu'une réelle douleur.	
	L'état général de		L'amplitude en	
	Voodoo est toujours		extension de la hanche	i
	bon.		gauche est encore	
	0011.		améliorée.	
			3ème séance ESWT	
			sur la hanche gauche	
Semaines				Bilko reçoit deux séances
4-8				d'ondes de choc la semaine 4 et
4-0				la semaine 5 :
	İ			3ème et 4ème séance ESWT sur
				chaque hanche
	1			Il présente une bonne
				amélioration, et ne présente de
				suppression d'appui du
				postérieur droit qu'après des
				phases de jeu intenses.
3 mois	Voodoo n'a plus	Nutsy présente une bonne		Très bonne récupération de la
après la fin			1	locomotion.
du	de douleur durant les	confort : à ce jour il n'a		Bilko boitille encore parfois
traitement	trois mois qui ont	pas plus présenté à		après d'intenses phases de jeu.
ti ditoinent	suivi l'arrêt du	nouveau d'épisodes de		
	traitement.	boiterie.		
	La gêne est réapparue	On note une amélioration		
	à partir du troisième	significative de l'amplitude	: {	
	mois, avec des	en extension de sa hanche		
	mouvements de	gauche, et une réduction		
	circumduction	des points de tension et de	1	
	1	sensibilité.		
	exagérés des	SCHSIOTHC.		
L	postérieurs.	ment et évolution clinique	1 1: 1: 1: 1: 1: 1: 1: 1: 1: 1: 1: 1: 1:	andos do obos

Tableau 5b : traitement et évolution clinique des chiens traités par ondes de choc extracorporelles radiales.

(Rq. : Uriane a présenté quelques lésions crouteuses après la première séance d'ondes de choc. Sumo a présenté une très forte congestion cutanée qui s'est résolue dans les heures qui ont suivies le traitement.)

### Evolution des amplitudes articulaires :

Les suivis goniométriques réalisés permettent également de souligner l'amélioration due aux traitements par ondes de choc. On constate en effet une réelle augmentation de l'amplitude en extension des hanches traitées.

Chien	Semaine -1	Semaine 0	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5	Contrôle à 1 mois	Contrôle à 3 mois
Nutsy HG	140°	146°après Tt	150°				150°	153°	
Tarzan HG			132°		145°	160°			
Bilko HG		120°					140°	148°	
Bilko HD		123°					155°	150°	
Nobel HG	113°		124°	140°			-		
Nobel HD	130°		133°	138°					
Sumo HG	147-150°							153°	155°
Sumo HD	140°							145-146°	152°
Uriane HG	Normal			Normal				Normal	Normal
Uriane HD	Normal			150-155°				Normal	Normal

Tableau 6 : Evolution de l'amplitude en extension des hanches traitées par ondes de choc extracorporelles.

#### Analyse de la marche :

Si on évalue la surface d'appui des membres traitées, et son évolution durant les différentes phases du traitement par ondes de choc, on peut constater qu'en règle générale, les chiens ont tendance à augmenter leur surface d'appui sur ce membre. Ceci traduit une normalisation de la démarche.

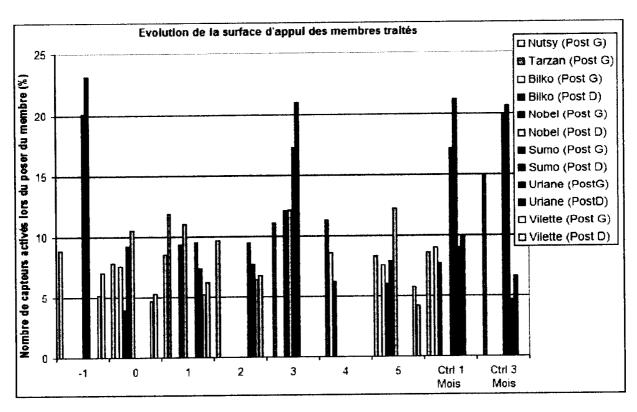


Fig 37 : Evolution de la surface d'appui relative du membre traité au cours du traitement Mesures issues des données apportées par le tapis GAITRite®

Chez tous les chiens traités, on observe une tendance à la normalisation du ratio de la Pmax du membre postérieur gauche par rapport au membre postérieur droit à l'appui au cours du traitement, et ceci dès la première séance.

Chez la majorité des chiens traités le ratio le plus favorable est atteint entre 2 et 4 semaines après la dernière séance. Sauf pour Vilette qui au contrôle à 1 mois se retrouve au même stade qu'avant traitement.

Cette amélioration de la symétrie est en relation avec une augmentation de la Pmax relative de la hanche exprimant le plus de signes cliniques initialement (pas forcément celle qui est la plus dysplasique).

Ainsi par exemple chez Bonnie, la Pmax relative du PD passe de 11,97% avant traitement à 18,83% au contrôle à 1mois (soit un gain de 34% de valeur de base de la Pmax d'un postérieur). Chez Nobel elle passe de 13,08% à 17,19% soit un gain de 20,55% de la valeur de base de la Pmax d'un postérieur.

L'équilibrage se fait par une légère diminution de la Pmax du membre opposé, et surtout par un meilleur report des charges des antérieurs vers les postérieurs.

Il y a mise en place de mécanismes de réajustements posturaux suite à la réduction de la douleur des postérieurs, la réduction des tensions myofasciales.

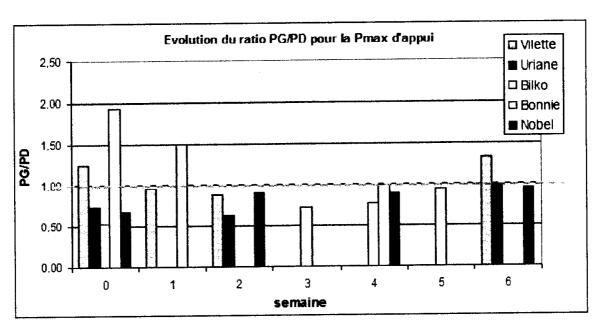


Fig 38 : Evolution de l'indice de symétrie de la Pmax des postérieurs (PG/PD) pour 5 des chiens qui ont reçu un traitement bilatéral des hanches.

Chez Bilko par exemple, l'évolution est assez spectaculaire : un mois après la dernière séance d'ESWT, on note une augmentation importante de la Pmax relative d'appui du membre postérieur traité (qui augmente de 32% par rapport à la pression mesurée avant la mise en place du traitement). Le ration Pmax relative du membre postérieur gauche par rapport à la Pmax relative du membre postérieur droit passe de 1,88 avant traitement à 1,3 avant la dernière séance, et atteint une valeur proche de la normale au contrôle à un mois : 1,07.

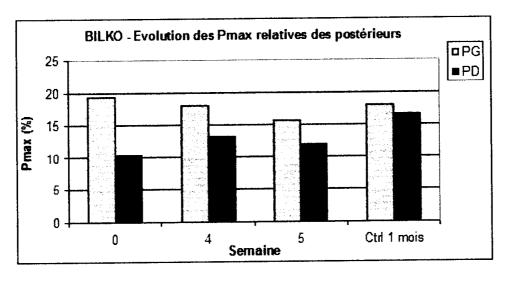


Fig 39 : Evolution de la Pmax relative des postérieurs gauches et droits de Bilko.

Valeurs issues du traitement des données recueillies par le tapis GAITRite®.

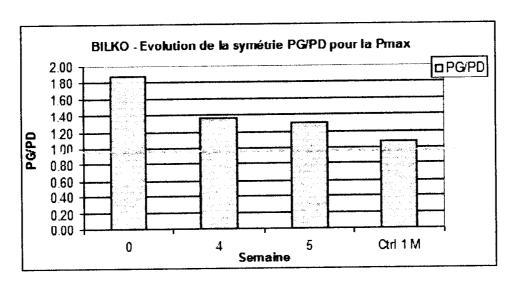


Fig 40 : Evolution de la symétrie PG/PD pour la Pmax d'appui de Bilko.

Valeurs issues du traitement des données recueillies par le tapis GAITRite®

Pour les chiens atteints d'une affection bilatérale des articulations coxofémorales, nous avons également cherché à évaluer l'évolution du rapport de pression exercée par les antérieurs par rapport aux postérieurs (valeur normale 1,5).

Pour Sumo, Uriane et Bilko, le schéma ci-dessous montre bien tendance à la normalisation de ce rapport durant la période du traitement par ondes de choc.

Uriane présente un déficit de pression exercée par les membres postérieurs trois mois après la fin du traitement, ce qui traduit une gêne lors de l'appui des membres postérieurs à cette période.

Pour Nobel et Vilette, la normalisation est moins flagrante. Juste après la fin du traitement (semaine 3), Nobel appuie presque normalement sur ses membres postérieurs par rapport aux antérieurs (rapport proche de 1.5), mais deux semaines après la fin du traitement, on note un rapport augmenté à 2, ce qui montre un déficit de pression des membres postérieurs. Vilette quant à elle, ne présente pas d'évolution majeure du rapport entre les pressions exercée par les membres antérieurs par rapport aux membres postérieurs. Cependant, les signes cliniques présentés par la chienne étaient très frustres avant le début du traitement, et les modifications rapportées par sa propriétaires sont essentiellement comportementales.

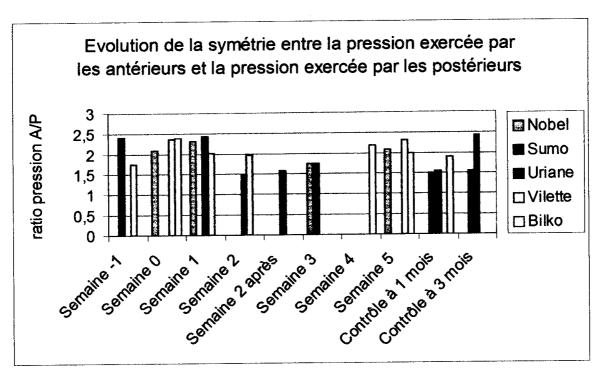


Fig 41 : Evolution du rapport entre les pressions exercées par les membres antérieurs par rapport aux membres postérieurs au cours du temps.

Valeurs issues du traitement des données recueillies par le tapis GAITRite®

#### Bilan:

Pour ce qui est de l'évaluation cliniques, l'application d'ondes de choc extracorporelles radiales semble bénéfique, dans la mesure où les chiens retrouvent leurs comportements de jeux, et semblent plus aptes à exécuter les gestes de la vie quotidienne.

De la même façon, les mesures effectuées, de pression, de surface d'appui, et de goniométrie, montrent une amélioration objective des paramètres de la marche, et ce, jusqu'à trois mois après la fin du traitement.

Cependant, il est à noter que sur des chiens gravement atteints, l'effet antalgique des ondes de choc extracorporelles radiales prend fin ou diminue nettement à partir de trois à six mois après la fin du traitement. De plus, à de rares exception (notamment Nobel, Uriane), on ne note pas de modifications osseuses pouvant être induites par les ondes de choc.

Donc on peut essentiellement conclure, sur ce type d'affection, à une action antalgique durable des ondes de choc extracorporelles, mais sans action sur les malformations osseuses induites par l'arthrose.

# 2/ ESWT radiales et affections musculaires :

Trois chiens présentant des affections du corps charnu du muscle ont pu être traités au moyen des ESW radiales.

Artic est un jeune Golden Retriever mâle, présentant une dysplasie coxofémorale bilatérale. Il a été opéré à 8 et 10 mois pour réaliser deux triples ostéotomies du bassin. Suite à ces opérations du bassin, le chien a présenté une démarche anormale. Les différents examens réalisés ont permis de mettre en évidence une myosite des muscles semi membraneux et semi tendineux sur les deux postérieurs.

<u>Magma</u> est un berger allemand femelle de 8 ans présentée pour myosite fibrosante des muscles gracile, semi-tendineux et semi-membraneux du membre postérieur gauche associée à une récupération fonctionnelle incomplète après chirurgie de dénervation de la hanche droite (dysplasie coxo-fémorale).

Rajad, enfin, est un Braque Allemand mâle de 6 ans, présenté à la consultation de physiothérapie pour traitement d'une mauvaise cicatrisation du chef médial du muscle gastrocnémien à gauche suite à un claquage.

<u>Présentation des structures musculaires de la cuisse et de la jambe du chien, site d'application des ondes de choc selon la structure concernée.</u>

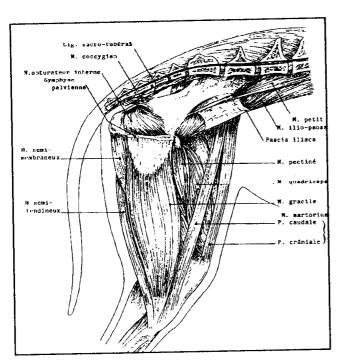




Fig 42 : Lieu de traitement (flèches bleues) des myopathies concernant les muscles caudo-médiaux de la cuisse du chien par ondes de choc extracorporelles radiales (Photo E.Demare, S.Sawaya) (Schéma d'après Barone)

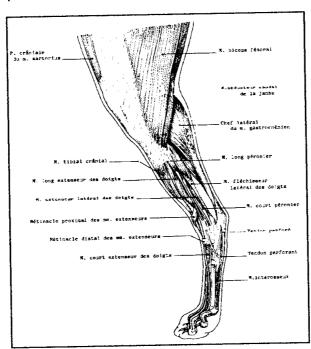


Fig 43 : Lieu de traitement (flèche bleue) des myopathies concernant le muscle corps du muscle gastrocnémien (vue latérale) par ondes de choc extracorporelles radiales (schéma d'après Barone)

# Etat clinique des chiens à l'admission (semaine 0)

Chien et	Artic	Magma	Rajad
motif de consultation	Douleur et anomalie de la démarche	Myosite fibrosante	Anomalie de la cicatrisation musculaire
Signes présentés à l'admission	-Abduction des membres et positionnement des rotules vers l'extérieurIncapacité à trotterDouleur, avec modification du comportement	-Difficultés de déplacement sur les 2 postérieurs. -Le genou gauche est maintenu en rotation interne par une fibrose importante du complexe gracile/semi- tendineux/membraneux.	
Examen clinique palpatoire	-Muscle semi tendineux : aspect de corde fibreuse -Asymétrie du pont vertébral qui peut s'incurver à droite, mais pas à gauche.	-Restriction de mobilité importante de la hanche droite, et douleur à la palpation et mobilisation du membreLa hanche gauche présente une instabilité et une sensibilité augmentée à la palpation-pression ainsi qu'à la mobilisation du membreLe corps du semi-tendineux est comparable à une corde fibreuse, et est douloureux à la palpationLe genou gauche présente également une restriction de mobilité.	-Très légère « bosse » face médiale du chef du gastrocnémien du PGLe muscle gastrocnémien paraît légèrement atrophié par rapport à son homologue droitPalpation d'une zone de tissu induré (cicatrice fibreuse) à la face médiale du muscle gastrocnémien à cheval sur la zone de jonction partie charnuetendonLa palpation n'est pas douloureuse, mais on note une légère sensibilité et une petite restriction de mobilité du jarret en flexion.
Examen complémentaire réalisé	Echographie musculaire: les muscles semi tendineux apparaissent très hyperéchogènes, avec une structure grossière, compatible avec une forte contracture musculaire ou une fibrose musculaire	Echographie musculaire: On note une augmentation de l'échogénicité des muscles.	

Tableau 7 : présentation clinique des chiens lors de la première consultation de physiothérapie.

Chien	t et évolution clinique :	Magma	Rajad
Semaine 0	ESWT 1500 chocs,	ESWT 1500 chocs,	*ESWT 1000 chocs,
Semaine U		P=2 bars, 10 Hrz	P=1,8 bars, 9 Hrz
	P=2,5 bars, 10 Hrz Etirements myotensifs	Etirements	Massages et étirements
	Etirements myoteusus	Acupuncture	légers
		Acupuncture	Travail myotensif
	-On note une amélioration	-L'état général de Magma	-Diminution de la
Semaine 1		est bien amélioré pendant 4	tuméfaction. La
	nette de la démarche, avec	jours, puis elle redevient	palpation permet de
	diminution de l'abduction	douloureuse.	constater une diminution
	exagérée des postérieurs.	doulour cuse.	de l'induration tissulaire,
	1 4 11: -4:	2 <sup>ème</sup> séance ESWT	et le chien semble moins
	-Amélioration nette de	2 Seance ES W I	sensible à la
	l'aspect palpatoire du muscle	i	mobilisation en flexion
	semi-tendineux, avec		du jarret.
	diminution de la sensation de		au jui v
	corde fibreuse et de		2 <sup>ème</sup> séance ESWT
	« grumeaux ».		2 Sounce 25
	****		
	Ultrasonothérapie: 10 min,		
	0,8Hrz, 50%, 1,5W/cm <sup>2</sup> .	-De la même façon,	-La boiterie est
Semaine 2	2ème séance ESWT	Magma est nettement	nettement diminuée. Elle
		améliorée pendant 4 à 5	n'est visible que sur
		jours, puis son état se	tapis roulant.
		détériore de nouveau.	-La tuméfaction a
		deteriore de nouveau.	disparu, et on note une
		3ème séance ESWT	forte réduction de
		3 seauce ESW1	l'induration tissulaire,
			ainsi que de la
			perception fibreuse à la
			palpation du muscle.
			-Disparition de la
			sensibilité à l'étirement
			du muscle
	<u>.</u>		
			gastrocnémien.  3 <sup>ème</sup> séance ESWT
	12 2 2 2	La démarche est très	5 SCANCE ESWI
Semaine 3	Après une légère dégradation		
	de la démarche en fin de	nettement améliorée.	
	semaine 1 et début de	Magma appuie plus sur son	
	semaine 2, Artic commence à	membre postérieur gauche.	
	trotter, et augmente ses	L'effet semble plus durable	
<u> </u>	temps de jeux.	et permet de tenir jusqu'à	
		la séance suivante.	
	l l	A FOWE	
		4ème séance ESWT  5ème séance ESWT	échographie :
Semaines		2 SEAUCE F2 AA I	-on note une disparition
4-6			des lésions anéchogènes
			et une structure
			fibrillaire de la zone
			cicatricielle presque
	ļ		semblable au reste du
Ì	1		muscle. Le muscle
			gastrocnémien est donc
1	<b>\</b>	İ	quasiment cicatrisé.

Semaines	-Très bon état général.	-Magma a été très	
8-10	-Artic continue à trotter, et	nettement améliorée	
	présente des phases de jeu de	pendant 1,5 mois, puis les	
	durée normale pour un chien	15 jours précédant la	
	de son âge.	consultation de contrôle,	
		elle a semblé plus	
		douloureuse.	
		-La chienne est plus leste,	
		et la palpation des muscles	
		caudaux et médiaux de la	
		cuisse gauche se normalise	
		(deviennent moins denses	
		et moins fibreux).	-Rajad a effectué
10 mois	-Artic présente toujours une	-La chienne est en très bon	plusieurs séances de
après	démarche anormale.	état général. Elle se	musculation avec de la
	-Son comportement est	déplace bien malgré une légère diminution d'allant	marche sur tapis roulant
	normal, et le chien ne	pouvant être corrélée au	à partir de 10 semaines
	présente aucune douleur, ni à	climat peu favorable du	après le début du
	la palpation, ni à la mobilisation des membres. Il	moment.	traitement aux ESWT.
		-Le postérieur gauche est	-Il n'a plus présenté de
	trotte, et présente des phases	plus souple, et peut être	boiterie liée à sa
	de jeux normales.	mis sans forcer et sans	blessure du muscle
		douleur en extension	gastrocnémien.
		complète. Il reste	8
		cependant en rotation	
		interne.	
		-Il reste une bande fibreuse	
		longitudinale détectable à	
		la palpation des muscles	
		médiaux et caudaux de la	
		cuisse.	

Tableau 8 : modalités de traitement est évolution clinique des chiens traités pour myopathie.

# Evaluation des amplitudes articulaires par goniométrie :

Une évaluation de l'amplitude en flexion-extension du membre atteint été réalisée sur Magma est présentée dans le tableau ci-dessous (Rajad et Artic ne présentaient que des restrictions de mobilité avec des amplitudes articulaires proches de la normale). On peut noter un gain important de l'amplitude en extension maximale du genou gauche pendant la période de traitement.

Deux mois après la fin du traitement, l'amplitude en extension du genou est diminuée par rapport à la fin du traitement par ondes de choc, mais reste cependant supérieure à l'amplitude en extension au début du traitement.

Date	2/11/06	10/11/06	20/11/06		21/01/07
Traitement	Avant ESWT 2	Avant ESWT 3	Avant ESWT 4	Avant ESWT 5	Contrôle à 2 mois
Genou Gauche en extension	160°	165°	177°	170-174°	165°

Tableau 9 : Suivi Goniométrique de l'articulation du genou gauche de Magma

# Analyse de la marche (valeurs issues des données recueillies par le tapis GAITRite®)

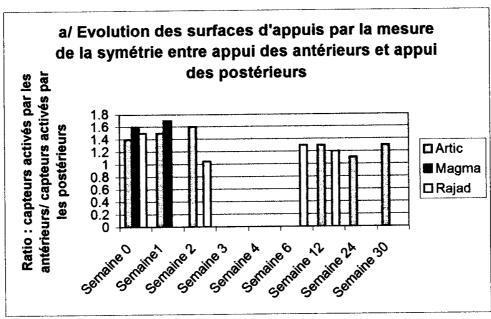


Fig 44 a : Evolution du ratio Surface d'appui des Antérieurs par rapport à la Surface d'appui des Postérieurs.

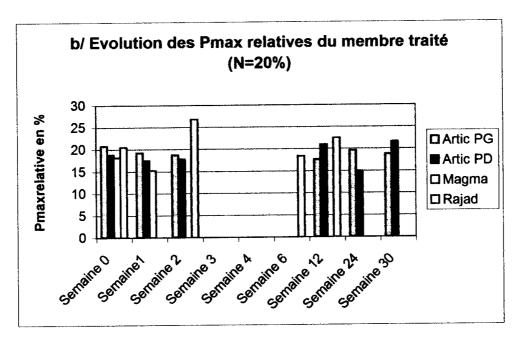


Fig 44b : Evolution des Pmax relatives à l'appui du membre traité

(N.B. Artic apparaît deux fois car ses deux membres postérieurs ont été traités par ESW. Ils sont ici évalués indépendamment l'un de l'autre)

Sur ce graphique en partie a/, on constate que le rapport des surfaces d'appui des membres antérieurs par rapport aux postérieurs est supérieur ou égal à 1,4 au début du traitement (pour une valeur normale de 1,3). Ceci signifie qu'Artic, Magma, et Rajad appuient peu sur leurs membres postérieurs. Cependant, sur ce même graphique, on constate une tendance à la

normalisation de ce rapport, vers une valeur de 1,3. Par conséquent, on peut penser que le traitement réalisé permet une normalisation de la surface d'appui du membre au sol.

De la même manière, on évalue la pression maximale relative du membre lésé par rapport à la pression maximale des quatre membres. Sur le même graphique (b/), on constate que ces pressions varient énormément, mais avec une tendance à être inférieures à la valeur normale qui est de 20%. On peut également remarquer, bien que cela soit moins évident que sur la partie précédente du graphique, une amélioration de la pression relative du membre traité, avec une augmentation des pressions maximales relatives.

#### Bilan:

D'un point de vue strictement clinique, les trois chiens traités ont présenté une amélioration durable de leur confort. La palpation des zones musculaires lésées s'est progressivement normalisée.

Malgré tout, à part Rajad pour lequel la cicatrisation a été totale, les deux chiens ayant souffert de myosite ont gardé une démarche anormale.

Ceci était prévisible en ce qui concerne Magma dont la myosite fibrosante très sévère avait un très mauvais pronostic de guérison. De plus, elle souffrait également de dysplasie coxo-fémorale bilatérale avec arthrose importante de ces articulations. L'opération de dénervation de la hanche droite n'avait pas été très concluante.

En ce qui concerne Artic, la démarche particulière avec abduction exagérée des membres a souvent été rencontrée à l'Unité de Physiothérapie-Rééducation-Ostéopathie de l'ENVL à la suite des opérations de triples ostéotomies pelviennes. Le recouvrement de la tête fémorale par rotation de l'acétabulum fait que le membre est plus court, et compense alors par une abduction exagérée du membre au soutien. De ce fait, et tant que l'agent causal est présent, il n'est pas exclu qu'Artic fasse des récidives.

Les examens échographiques réalisés en début et fin de traitement ont permis de visualiser une amélioration tangible de la structure des muscles lésés, que ce soit dans leur relâchement ou bien dans leur cicatrisation.

L'analyse des paramètres de pression et de surface est moins évidente, tout d'abord parce que les chiens modifient leur façon de marcher selon la personne qui les conduit.

De plus, les variations climatiques ont également modifié la démarche des chiens, surtout pour ceux souffrant d'autres lésions, de type arthrosique notamment.

Enfin, Magma et Artic ont tous deux plusieurs membres présentant des lésions.

Par conséquent, un équilibre dans « l'anormalité » de leur démarche finit par s'instaurer, créant ainsi une difficulté supplémentaire dans la détection d'asymétrie par l'analyse des paramètres mesurés par le tapis GAITRite®.

## 3/ESWT et tendinopathies chez 3 chiens :

Trois chiens ont pu être suivis pour des tendinopathies :

-Vaudou et Neptune pour des tendinopathies proximales du biceps brachial

-L'Covo en postopératoire d'une chirurgie du tendon d'Achille suite à une rupture partielle et ancienne.

<u>Vaudou</u> est un Labrador Retriever mâle de 3,5 ans, présenté pour irrégularité d'allure, au début essentiellement en période froide et humide, puis persistante les six derniers mois. Il a subi un dressage intensif durant les deux premières années de sa vie, ce qui a pu sur-solliciter l'ensemble de ses articulations. Il avait présenté une boiterie de l'antérieur gauche à ses un an, qui avait motivé la prise de clichés radiographiques des articulations de l'épaule et du coude. Ces examens n'avait mis en évidence aucune anomalie. Cependant, à cette époque, aucun examen échographique n'avait pu être réalisé.

Au vu de sa boiterie, une tendinopathie des tendons du biceps est fortement suspectée, ce qui a motivé la consultation au service de physiothérapie.

Neptune est un Beauceron mâle de 9 ans, présenté en consultation de chirurgie de l'ENVL pour une boiterie de l'antérieur gauche traînant depuis un an et demi. Cette boiterie apparaît à chaud, et s'accompagne parfois de suppression d'appui après l'effort. L'hypothèse d'une atteinte du tendon du biceps est alors avancée. Au vu de la persistance de la boiterie à l'effort malgré un traitement d'un mois par des anti-inflammatoires, Neptune est référé à la consultation de physiothérapie.

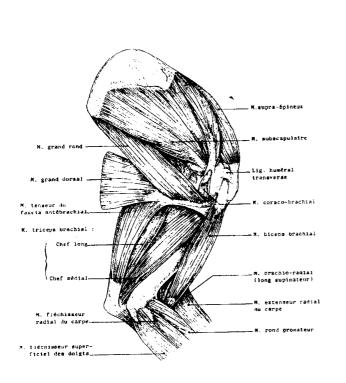
<u>L'Covo</u> est un Braque Allemand mâle de dix ans, présenté à la consultation de chirurgie de l'ENVL pour une boiterie du postérieur gauche ne rétrocédant pas à l'administration d'anti-inflammatoires. Au vu des circonstances d'apparition de cette boiterie (après un accident de chasse), le vétérinaire traitant a tenté, mais sans succès, de poser un plâtre, et de mettre le chien au repos.

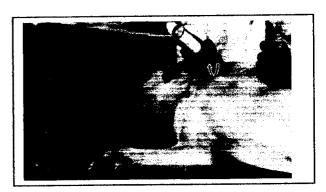
Une échographie réalisée après le retrait du plâtre a permis de mettre en évidence une rupture partielle ancienne du tendon du gastrocnémien, avec une forte fibrose cicatricielle. Une intervention chirurgicale est alors réalisée, avec mise en place d'une prothèse tendineuse.

Le chien est mis au repos avec immobilisation du membre en légère extension pendant un mois. Le dispositif est allégé à la 5<sup>ème</sup> semaine postopératoire.

Au 5<sup>ème</sup> mois après l'opération, les fixateurs externes sont retirés. L'covo présente alors une démarche très modifiée avec appui sur le bout des doigts. Il est alors référé pour une physiothérapie.

Présentation des structures musculairo-tendineuses de l'épaule du chien, et des structures musculo-tendineuses de la jambe du chien. Site d'application des ondes de choc selon la structure concernée.





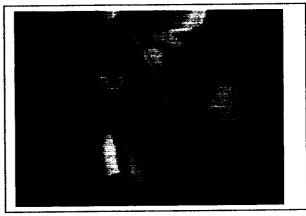
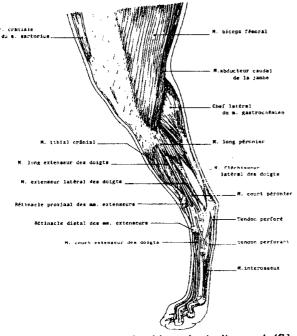


Fig 45: Lieu de traitement (flèches bleues) des tendinopathies du tendon du biceps brachial par ondes de choc extracorporelles radiales (Photo E.Demare, S.Sawaya) (Schéma d'après Barone)



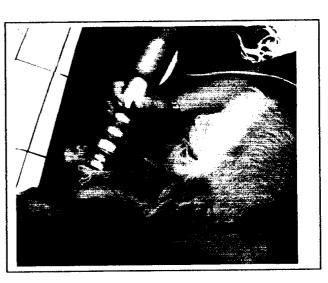


Fig 46 : Lieu de traitement (flèches bleues) des tendinopathies du tendon du gastrocnémien par ondes de choc extracorporelles radiales (Photo E.Demare, S.Sawaya) (Schéma d'après Barone)

Ftat clinique des chiens à l'admission (semaine 0)

Chien et motif	Vaudou	Neptune	L'Covo
de consultation	Irrégularité de la démarche. Refus de sauter, et douleur à la réception des sauts lors d'exercices d'agility.	Boiterie de l'antérieur gauche, aggravée par l 'effort	Difficultés lors de la marche après rupture du tendon du gastrocnémien gauche, malgré la mise en place d'une prothèse.
Signes présentés à l'admission	Légère boiterie (grade 1/5) des deux antérieurs.	Insuffisance à l'effort (difficultés pour accompagner son maître lors de longues courses)  Légère boiterie de l'antérieur droit s'aggravant au trot et sur le cercle à main droite. Mais également raideur de l'antérieur gauche sur le cercle à main gauche  (Score: 1/5 au pas; 1,5/5 au trot)	Il marche sur la pointe des doigts pour le membre postérieur gauche dès le retrait de l'attelle. Les doigts sont maintenus en flexion.  Avec l'attelle, le poser du membre est presque normal.  La mise en charge du membre est visiblement limitée.
Examen clinique palpatoire	Douleur à la flexion et à la rotation externe des deux épaules, bien que plus marquée à gauche qu'à droite.  La pression de la coulisse bicipitale à gauche est douloureuse.	Sensibilité à la palpation en direction de la charnière cervico-thoracique.  Absence de douleur à la palpation-pression de l'antérieur droit malgré une très légère gêne au test de flexion épaule/extension du coude.  Restriction à l'extension du coude gauche.  Les muscles du garrot sont contractés (trapèze cervical surtout) et le membre est plus sensible à la palpation-pression, mobilisation que l'antérieur droit.	Pas de douleur, ou très légèrement sensible à la palpation et à la mobilisation passive des tendons Forte restriction d'amplitude du jarret lors de la flexion.
Examen complémen- taires	Echographie des épaules: -distension des gaines tendineuses des tendons des biceps droit et gauchezone hyperéchogène dans le tendon du biceps gauche, compatible avec une minéralisation du tendon ou une sclérose.	Echographie 1: les lésions visibles sont compatibles avec une rupture partielle ancienne du tendon du biceps droit associé à une ténosynovite.  Echographie 2 (3 mois après): les lésions ont évolué et révèlent la résolution de la ténosynovite du biceps droit. Il persiste de petites lésions anéchogènes dans la partie distale du tendon (foyers de cicatrisations? ou de remaniements?)  L'examen du tendon du biceps gauche révèle une discrète tendinite du biceps gauche.	Echographie 1 (5mois avant le début du traitement): lésions compatibles avec une rupture partielle ancienne du tendon du gastrocnémien gauche, avec une forte fibrose cicatricielle.  Radio (1 mois avant le début du traitement): on note la présence de lésions d'ostéite autour du calcanéus.

Tableau 10 : présentation clinique des chiens lors de la première consultation de physiothérapie.

Traitement et évolution clinique :

Chien	nent et évolution clinique :	Neptune	L'Covo
Semaine 0	ESWT 1500 chocs,	ESWT 1000 chocs,	ESWT 1000 chocs,
Scinamic v	P=1,7 bars, 9 Hrz sur les deux	P=1,7 bars, 9 Hrz sur les deux	P=1,7 bars, 8 Hrz
	épaules	épaules (douloureux)	Mobilisations passives,
	Mobilisations passives, stretching	Mobilisations passives,	stretching
	_	stretching	
Semaine 1	1 0 11 11 0 10 11 11 11 11 11 11 11 11 1	Il semble plus souple dans son	L'Covo pose toujours son
	les deux jours suivants l'application	allure, surtout au trot.	postérieur gauche sur la pointe
	des ondes de choc, puis le chien	Il n'y a pas de gêne, de douleur,	des doigts.
	paraît soulagé, et accepte 5-6 jours	ou de restriction de mobilité à la palpation et à la mobilisation des	Cependant, en mouvement, on note une amélioration de l'appui
	après le traitement de sauter des	• •	(pose plus à plat).
	obstacles (essai simplement, pas de	épaules.	(pose plus a plue).
	mise à l'exercice intensif)	La seconde séance d'ESWT a été	2ème séance ESWT (2000chocs)
	2 <sup>ème</sup> séance ESWT	beaucoup mieux supportée par	
	2 Scance ESW I	Neptune.	
		2 <sup>ème</sup> séance ESWT	
Semaine 2	De la même façon que la fois		Le chien marche de mieux en
	précédente, le chien paraît plus		mieux. La tuméfaction péri-
	gêné dans sa démarche les deux		tendineuse diminue, et les reliefs
	jours suivant le traitement, puis son		autour du tendon deviennent plus
	confort s'améliore sensiblement.		visibles.
			Massages, mobilisations
	Le jour de la troisième application		passives des tendons
	des ondes de choc extracorporelles, Vaudou boite légèrement de		fléchisseurs,
	l'antérieur gauche, et montre plus		électromyostimulation.
	de réticence aux tests articulaires		,
	sur ce membre.		
	Sur de memore.		
	3 <sup>ème</sup> séance ESWT		
Semaine 3		Neptune ne boite plus en fin ou	La rétraction des orteils est
		après les promenades. Il ne	toujours présente, mais L'Covo
		présente plus de douleur à la	marche de mieux en mieux et
		palpation, mobilisation des	trotte. L'amplitude en flexion/extension
		épaules, et à l'application des	des tendons fléchisseurs est
		ondes de choc extracorporelles.	augmentée.
		3 <sup>ème</sup> séance ESWT	3 <sup>ème</sup> séance ESWT
Semaines			Bonne évolution clinique.
Semaines 4-6			Contrôle échographique :
7-0			L'insertion distale du tendon
			reste rompue, et il persiste du
	-		liquide dans la bourse
			calcanéenne. Il y a une fibrose
			cicatricielle du tendon, qui a créé
			une adhérence entre le tendon
		1	gastrocnémien, et le fléchisseur
			superficiel des doigts.  L'Covo marche presque
Semaines	Cinq semaines après la fin du		normalement, mais fléchit
8-10	traitement, Vaudou est confortable,	<u> </u>	exagérément la hanche pour
	et se réceptionne sans douleur après les obstacles.		compenser un manque de flexion
	les obstacles. Sa démarche s'est normalisée.	}	du jarret gauche.
	Sa demarche's est normansee.		On note une douleur à la
			palpation mobilisation du doigt
I			trois, qui gêne lors de la marche.

	Vaudou présente par intermittence une très légère irrégularité de la démarche. Il accepte toujours de faire de l'agility, et ne montre en règle générale pas de douleur à la réception des sauts.	présenter des irrégularités d'allure au début du troisième mois après la fin du traitement. Il présente	Très bonne récupération de la locomotion. Le postérieur gauche présente toujours une légère asymétrie.  La douleur du doigt trois a disparue.
--	---	---	---

Tableau 11 : Modalités de traitement et évolution clinique des chiens traités par ondes de choc extracorporelles.

Entre trois et six mois après la fin du traitement, chacun des trois chiens a présenté de nouveau une très légère boiterie.

Pour Neptune, la boiterie concernait de nouveau le tendon du biceps droit, sans inconfort marqué pouvant gêner le quotidien du chien. Une seconde cure aux ESWT a permis une réduction durable de cette boiterie. Trois mois après la fin du deuxième traitement, Neptune courrait et jouait sans aucune gêne.

L'Covo présentait une flexion constante des doigts 3 et 4 du membre postérieur gauche, comme s'il avait une rétraction du tendon du fléchisseur superficiel des doigts. Il soulageait régulièrement son membre, bien qu'il arrivait à poser son pied à plat. Le chien se déplaçait alors toujours correctement, et ne présentait pas de douleur à la palpation/mobilisation du tendon du gastrocnémien.

L'échographie de contrôle réalisée a montré une forte fibrose au site d'insertion distal du tendon du gastrocnémien, prenant en masse le tendon fléchisseur superficiel des doigts. Cependant, nous n'avons pas retrouvé l'image de rupture tendineuse visible sur l'échographie précédente. Un traitement par ondes de choc a donc été réalisé sur la face plantaire des métatarsiens et des doigts 3 et 4, et le long des tendons : 1500 chocs à 1,8 bars sur le tendon gastrocnémien et sur sa zone d'insertion sur le calcanéus, et 800 chocs à 1,8 bars le long du tendon fléchisseur superficiel des doigts. Après trois applications d'ondes de choc extracorporelles, L'Covo a présenté un poser amélioré, avec une diminution de la flexion des doigts.

La dernière échographie de contrôle, réalisée un mois après, a permis de montrer une amélioration de la cicatrisation tendineuse, avec toujours une fibrose importante, et la présence d'un enthésophyte sur le calcanéus. L'Covo n'était pas douloureux, et se déplaçait alors correctement.

### Analyse de la marche :

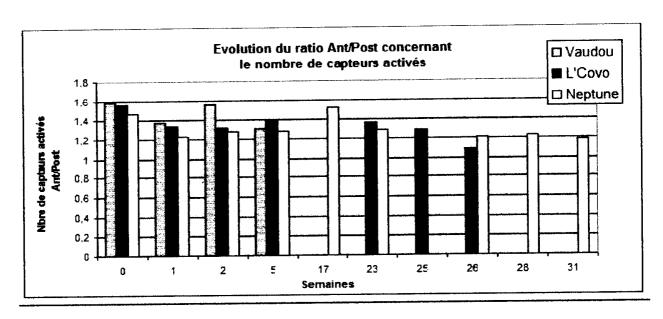


Fig 47 a : Evolution du rapport Surface des antérieurs/Surface des postérieurs

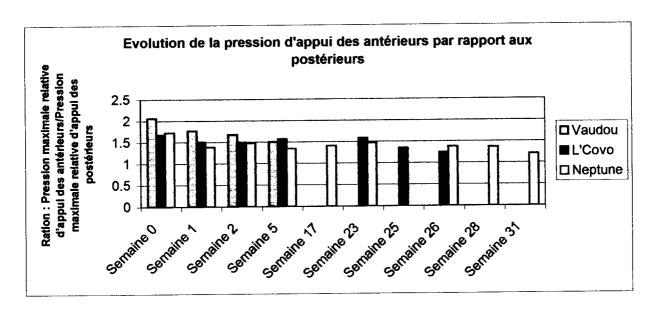


Fig 47b : évolution du rapport Pmax des antérieurs / Pmax des postérieurs
Ces valeurs sont issues des données recueillies par le tapis GAITRite®

On constate sur ces deux graphiques une normalisation progressive des symétries entre les antérieurs et les postérieurs, et ce, pour les trois chiens. En effet, sur la partie a/ du graphique, on constate que le ratio a tendance à se rapprocher de la valeur normale de 1,3, tandis que sur la partie b/, le ratio des Pmax tend progressivement vers la valeur normale de 1,5.

Si l'on expose l'exemple de L'Covo, on constate que dès la première séance d'ESWT, il montre une forte augmentation de la Pmax relative du membre postérieur gauche, de 18% sa valeur.

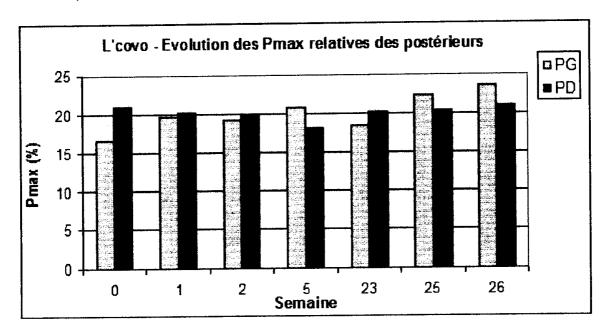


Fig 48 : Evolution des Pmax relatives des membres postérieurs de L'COVO

Valeurs issues des données recueillies par le tapis GAITRite®

De plus, le ratio des Pmax du membre postérieur gauche par rapport au membre postérieur droit passe de 0,9 à 1,03 (valeur normale de 1), et se stabilise pendant toute la durée du traitement à ce niveau de valeur.

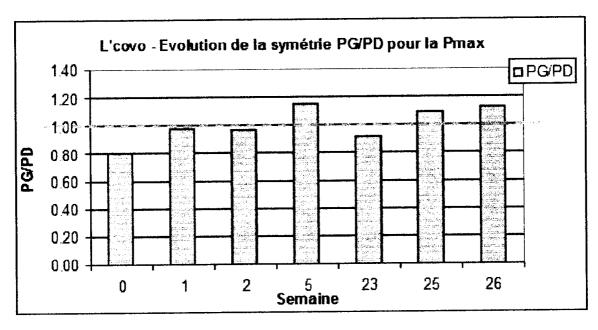


Fig 49 : Evolution de la symétrie PG/PD pour la Pmax, chez L'Covo

Valeurs issues des données recueillies par le tapis GAITRite

On note donc une réelle amélioration des paramètres de la marche de L'Covo.

### Bilan:

Les trois chiens traités ici pour tendinopathies chroniques ont vu leur confort s'améliorer nettement dès les premières séances d'ondes de choc.

Cependant, il semble que l'effet du traitement diminue entre trois et six mois après la fin du traitement, nécessitant l'application d'une deuxième série d'ondes de choc extracorporelles.

Le manque de recul par rapport à nos cas cliniques ne nous permet pas de dire avec quelle fréquence il est nécessaire de renouveler les traitements. Cependant, entre les différentes applications d'ondes de choc extracorporelles, les chiens semblent assez confortables pour ne pas être traités avec des anti-inflammatoires, ce qui n'est pas négligeable au vu du caractère chronique des affections traitées.

Les examens échographiques réalisés en début et fin de traitement ont permis d'observer une amélioration tangible des zones tendineuses cicatricielles. L'infiltration des gaines tendineuses diminue de façon importante, et on peut distinguer une orientation des fibres cicatricielles dans le même sens que les fibres non lésées.

### 4/ ESWT et affections arthrosiques diverses :

Parmi les chiens dont nous allons maintenant exposer les cas, trois ont entre autres choses présenté de l'arthrose des articulations du grasset.

Mars est un Boxer mâle de 10 ans, présenté pour une boiterie du membre postérieur gauche évoluant depuis environ deux ans, avec suppression d'appui intermittente. Il est traité par administration d'anti-inflammatoires stéroïdiens et non-stéroïdiens. Les radiographies du genou révèlent une arthrose sévère. Une rupture partielle ancienne du ligament croisé crânial est suspectée.

Rouanita est un Boxer femelle de 6 ans qui pratiquait des épreuves de RCI. A l'âge de 1 an, elle présente une rupture du ligament croisé crânial du genou gauche. Elle est opérée, mais des suites de complications, une intervention chirurgicale est de nouveau entreprise sur le même genou. Deux ans plus tard, Rouanita montre des difficultés à reprendre une activité sportive du fait d'une arthrose et d'une fibrose sévère du grasset. Une cure de physiothérapie permet une nette amélioration fonctionnelle et une reprise de l'activité de RCI (interrompue par une gestation). A la reprise de l'exercice, elle montre des difficultés lors des sauts en hauteur, ainsi qu'une boiterie après les entrainements. Il est alors proposé à ses propriétaires de tenter une thérapie par Ondes de Choc Extracorporelles Radiales.

Bonnie est une femelle American Staffordshire Terrier de 9 ans, présentant une arthrose sévère des hanches et des grassets. Elle a subi à un an une RTCF à gauche. Après une fracture du fémur gauche à trois ans, elle a subi une ostéosynthèse, puis s'est vue placer un montage d'Illizarov pour allonger le tibia gauche un an plus tard. A sept ans, elle a présenté une rupture du ligament croisé crânial droit, qui a été traitée chirurgicalement. A cette époque, des radios des grassets ont révélé la présence de lésions d'arthrose en quantité importante

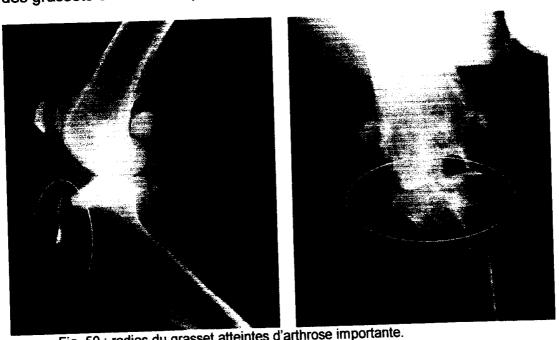


Fig. 50: radios du grasset atteintes d'arthrose importante.

Noter dans les cercles bieus la perte de netteté des bords osseux, et la perte d'interligne articulaire.

Radios ENVL, Service d'Imagerie

### Présentation des structures tendineuses et ligamentaires du grasset du chien. Site d'application des ondes de choc selon la structure concernée.

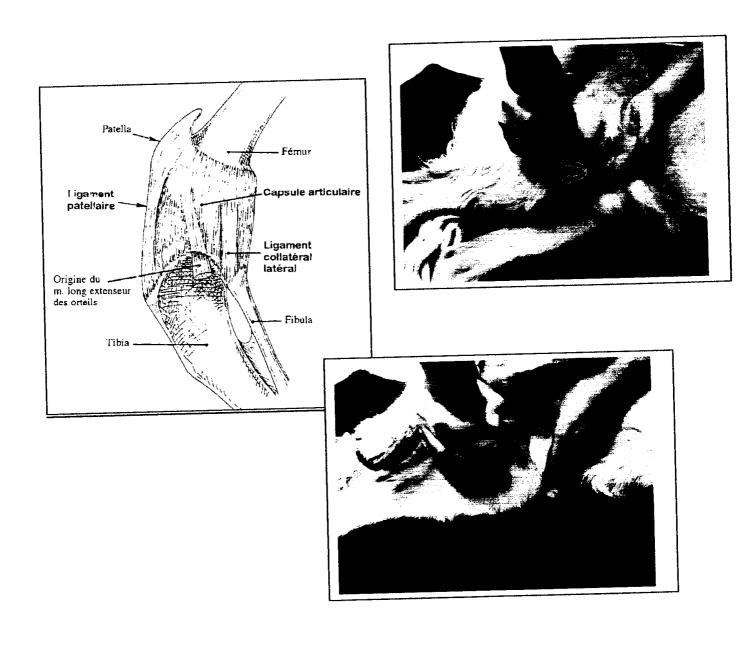


Fig 51 : Lieu de traitement (flèches bleues) des atteintes du grasset (face latérale puis face médiale) par ondes de choc extracorporelles radiales

(Photo E.Demare, S.Sawaya) (Schéma d'après Barone)

### Etat clinique des chiens à l'admission (semaine 0)

Chien et motif de consultation	Signes présentés à l'admission	Examen clinique palpatoire	Examen complémentaire
Mars  Boiterie avec suppression d'appui intermittente	Mars présente une amyotrophie du quadriceps à droite. Le membre est porté en rotation externe. Le postérieur droit ne s'engage pas.	Les muscles fémoraux caudaux à droite sont fortement contractés, ainsi que le muscle gastrocnémien.  Le postérieur droit manque d'amplitude en extension, et est sensible à l'hyperflexion, et à l'hyperextension.	Radiographie du coude: arthrose sévère du grasset droit, pouvant être du à une rupture ancienne au moins partielle du ligament croisé crânial.
But : amélioration du confort		Lors de la mobilisation du membre postérieur droit, des crépitements et des craquements sont audibles. Le test du tiroir crânial est douteux.	
Rouanita  Boiterie postérieure  But: amélioration de la boiterie	Rouanita est en bon état général. Elle présente une légère asymétrie du membre postérieur gauche, et se déjuge fortement au pas. L'appui du postérieur gauche se fait essentiellement en médial. En station assise, le grasset est porté vers l'extérieur.	A l'examen palpatoire, l'amplitude en flexion- extension du membre postérieur gauche est moins importante qu'à droite. Le grasset gauche laisse entendre des crépitements à la mobilisation, ainsi qu'une restriction de mobilité en flexion et en extension. La mobilisation est douloureuse.	
Bonnie  Douleur, tristesse, abattement.  But: amélioration du confort	Bonnie a une démarche très asymétrique : elle maintient son membre postérieur gauche en extension, et réalise donc des mouvements de circumduction exagérés. Il est amyotrophié	Le membre postérieur gauche a une mobilité très réduite.  La hanche droite a une amplitude limitée en extension.  Le grasset droit est sensible à la palpation et on entend des craquements lors de la mobilisation.	

Tableau 12 : présentation clinique des chiens lors de la première consultation de physiothérapie.

Deux chiens, Nobel et Scamp, ont été traités par ondes de choc extracorporelles radiales pour une spondylose ankylosante sévère des articulations vertébrales lombaires. Nobel a déjà été présenté dans le groupe des coxarthroses.

Scamp est un chien croisé Shetland mâle de 12 ans, présenté en consultation pour des douleurs lombaires datant de plus d'un an, et ne répondant que partiellement aux anti inflammatoires non stéroïdiens. Il manque d'énergie, et rechigne à sortir en promenade.

Une radiographie réalisée avant la première consultation révèle une spondylose sévère entre L3 et L4.

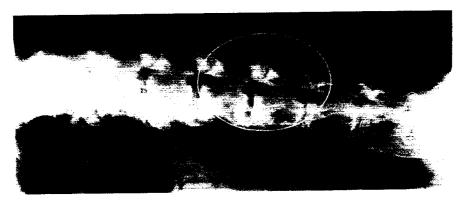


Fig 52 : Spondylose des articulations intervertébrales lombaires. Noter la sclérose des vertèbres au niveau du cercle bleu

Radio ENVL, Service d'Imagerie

Pendant un mois, il est traité par thérapies manuelles associées à de l'acupuncture à raison d'une séance par semaine. Une amélioration significative est observée après la première séance, ensuite Scamp montre une évolution en dents de scie. Avec l'accord des propriétaires, il est décidé de tenter une thérapie par ondes de choc extracorporelles radiales.

### Etat clinique des chiens à l'admission (semaine 0)

Chien et motif de consultation	Signes présentés à l'admission	Examen clinique palpatoire	Examen complémentaire
Scamp	Scamp présente une boiterie du membre	Scamp présente une douleur à la palpation des psoas gauche et du	Radiographie du rachis: on note une spondylose ankylosante des vertèbres lombaires L3-L4.
Douleur	postérieur gauche et de	segment vertébral L3-L4	IOIIIOaii es L3-L4.
lombaire	l'antérieur droit.		
Boiterie			
postérieure			
But :			
amélioration de			
la boiterie			

Tableau 13 : présentation clinique de Scamp lors de la première consultation de physiothérapie.

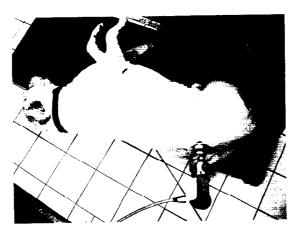


Fig 53 : Lieu de traitement (flèches bleues) des atteintes de la colonne vertébrale par ondes de choc extracorporelles radiales (Photo E.Demare, S.Sawaya)

Les deux derniers chiens, enfin, ont été présentés pour affections du carpe et du coude.

Arkadia est un Boxer femelle de deux ans, présentant un gonflement du carpe droit, non associé à une boiterie au début. Des radiographies ont révélé la présence d'un centre d'ossification anormal situé médialement, sous l'extrémité distale du radius, ainsi qu'une calcification de ligament collatéral médial du carpe. La chienne a été référée au service de physiothérapie dès l'apparition d'une discrète boiterie.

Vanua est un Bouvier Bernois femelle de un an. A 8 mois, elle a été opérée sous arthroscopie pour une fragmentation du processus coronoïde médial. Depuis elle présente une boiterie marquée de l'antérieur gauche ne rétrocédant pas à plusieurs cures d'anti-inflammatoires non stéroïdiens.

Chien et motif de consultation	des chiens à l'admissior Signes présentés à l'admission	Examen clinique palpatoire	Examen complémentaire
Arkadia  Gonflement carpe droit associée à une discrète boiterie	Arkadia ne présente pas de boiterie visible au pas, mais une asymétrie est visible au trot.	-Légère déviation du carpe en valgus à cause d'une tuméfaction côté médial - Pas de douleur à la palpation ou à la mobilisation du carpe.	Radiographie du carpe : on note la présence de trois points de calcification du ligament collatéral du carpe, d'une ossification à l'extrémité distale du tibia.
But: Traitement des calcifications du		-Légère restriction d'amplitude à la flexion du carpe (<10°)	Un gonflement des tissus mous à la face médiale du carpe est visible.
Vanua  Douleur du coude gauche avec boiterie  But : amélioration de la boiterie	Vanua présente une boiterie marquée de l'antérieur gauche, s'aggravant au trot. A l'arrêt, l'antérieur gauche est porté en protraction, tourné vers l'extérieur.	La chienne est difficile à examiner. Les muscles du garrot sont très contractés. Elle présente une forte douleur ainsi qu'une restriction de mobilité importante à la mobilisation du coude gauche (maximum de flexion: 50°), ainsi qu'à la mobilisation et à la palpation du carpe.	Radiographies du coude: Dysplasie du coude avec incisure trochléaire en marche d'escalier. Rétrécissement de l'interligne articulaire médiale. Persistance d'un fragment du processus coronoïde médial ou ostéophyte. Ostéophytose débutante du processus coronoïde médial.

Tableau 14 : présentation clinique des chiens lors de la première consultation de physiothérapie.





Fig 54 : Lieu de traitement (flèches bleues) des atteintes du coude (abord latéral puis médial) par ondes de choc extracorporelles radiales (Photo E.Demare, S.Sawaya)

Traitement et évolution clinique :

Chien			Darranita
	DOMINIO	Mars	Rouanita
	2011 2 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	ESWT 1000 chocs,	ESWT 1000 chocs latéralement et médialement,
	Genoux D et G 1000 chocs latéralement et 1000 chocs médialement, P=1.5 bars, 10 Hrz	P=1.7 bars, 8 Hrz sur les espaces fémoro-tibio-patellaires latéral et médial, le ligament patellaire ainsi que sur l'interligne fémoro-tibiale médiale et latérale.	P=1.7 bars, 9 Hrz.
	été flagrante : le lendemain de l'application des ondes de choc la	Les séances d'application d'ondes de choc extracorporelles ont été bien supportées, sans apparition de lésions cutanées.  Au cours du traitement, l'évolution est bonne. Mars marche mieux, et ne traine plus autant lors des sorties.	2 <sup>ème</sup> séance ESWT
1	genoux		
Semaine 2	De la même façon que la semaine précédente, Bonnie a présenté une bonne amélioration les 48 heures suivant le traitement, puis la boiterie est réapparue.  A la mobilisation, on note un gain d'amplitude de 10° de la hanche droite. Les autres articulations n'ont pas gagné d'amplitude de mouvements.	La locomotion est plus souple et plus aisée, sans boiterie visible au pas. Au trot, Mars présente quelques irrégularités d'allure, mais sans boiterie réelle.  Mars ne montre plus de douleur à la mobilisation-palpation, et les crépitements articulaires ont diminué.  3ème séance ESWT	Rouanita semble marcher bien mieux. Le postérieur gauche se juge maintenant.  3ème séance ESWT
	3 <sup>ème</sup> séance ESWT		4 <sup>ème</sup> séance ESWT
Semaine 3			4 seance LSW I
Semaines 4-8  3 mois après la fin du	Un mois après la fin du traitement, Bonnie se déplace bien. Elle ne boite presque plus du membre postérieur droit. Le postérieur gauche est moins raide. Elle ne présente plus de douleur à la palpation-mobilisation des membres postérieurs.	Mars a présenté un épisode de boiterie, secondaire à des périodes où il a plus fait le fou. Il présente une boiterie avec suppression d'appui intermittente du postérieur droit au trot et au galop, et présente une gêne à l'extension du genou droit.  Les radios des grassets ne montrent pas d'évolution des lésions.  4ème séance ESWT  Prescription de chondroprotecteurs.  Mars a passé un bon été, avec quelques épisodes de boiterie légère, suite à des phases de jeu intenses.	
traitement			

Chien	Nobel	Scamp	Arkadia	Vanua
Semaine 0	1000 chocs de chaque	ESWT chocs,	ESWT 1000 chocs,	ESWT 1000 chocs,
	côté du segment	P=1.5 bars, 9 Hrz, de	P=1.5 bars, 8 à 9 Hrz,	P=1,8 bars, 10 Hrz, de chaque
	lombaire, P=1.8 bars,	L2 à L5, de chaque	le long du ligament	côté du coude.
•	10 Hrz	côté de la colonne.	collatéral latéral	
•		Massages,	médial du carpe et en	Vanua présente une intolérance
		mobilisations passives.	regard de ses	marquée à l'application des
		-	insertions.	ondes de choc sur la face
			Mobilisations passives.	médiale du coude.
Semaine 1	Nobel présente une	2 <sup>ème</sup> séance ESWT	On constate une	La boiterie été augmentée
	réduction des douleurs		disparition de la gène	durant les 48 heures qui ont
	thoraco-lombaires et	Immédiatement après la	lors de la mobilisation	suivi la séance.
	lombo-sacrales, ainsi	séance, Scamp apparaît	du carpe.	A l'examen clinique, il n'y a
	qu'une forte réduction	amélioré.	•	pas d'amélioration notable des
	des contractures des		2 <sup>ème</sup> séance ESWT	signes cliniques.
	muscles fémoraux-			
	caudaux et ilio-psoas.			2 <sup>ème</sup> séance ESWT
	2ème séance ESWT			
Semaine 2		Les propriétaires de	Arkadia ne présente plus	Vanua boite toujours, mais son
		Scamp le trouvent	de boiterie ni au pas ni	allure générale est plus souple.
		beaucoup mieux, et la	au trot. La déformation	Elle présente cependant une
		douleur du dos semble	du carpe a quasiment	atténuation notable de la
		nettement diminuée.	disparu.	douleur à la palpation pression
		La boiterie du membre	3	de l'interligne huméro-
		postérieur gauche n'est	3 <sup>ème</sup> séance ESWT	antébrachiale médiale.
		toujours pas franche,		oème ( mossum
		mais il n'y a pas de		3 <sup>ème</sup> séance ESWT
		suppression d'appui.		
		Il montre une douleur à		
		la palpation des psoas.		
		oème / DOSTUTE		
	oème ( ECEVIT	3ème séance ESWT	Radios de contrôle :	Un mois après la fin du
Semaines	3 <sup>ème</sup> séance ESWT	Semaine 5 :	-diminution ou début de	traitement, Vanua présente
4-8		Scamp a retrouvé sa vitalité. La boiterie du	remodelage des	toujours une amélioration nette
		E .	calcifications distale et	de la douleur, et de la boiterie.
		postérieur gauche a diminué.	moyenne du carpe.	de la douleur, et de la conterie.
		Il est encore sensible à la		Contrôle radiographique :
		palpation du dos.	déformé en zone	pas de modifications
		parpation du dos.	médiale.	significatives des structures.
		4 <sup>ème</sup> séance ESWT	inculaic.	Significatives des structures.
		4 Seance ESW1	Arkadia se déplace sans	Vanua a été mise sous
		Semaine 6:	boiter au pas ou au trot,	chondroprotecteurs.
		La boiterie a nettement	et ne montre plus de	
		diminué, ainsi que la	douleur à la palpation-	Après deux mois, Vanua
		douleur.	pression du carpe.	marche presque sans boiter au
		douitui.	P. Tobion de des por	pas, et en boitant très
		Semaine 8 :	4 <sup>ème</sup> séance ESWT	légèrement au trot.
		Les contractures		Elle ne présente plus de
		musculaires présentent		douleur à la palpation pression
		une bonne amélioration,		et à la mobilisation du coude.
		et Scamp marche		
		beaucoup mieux.		
3 mois	Avec l'apparition du			Vanua présente une très bonne
après la fin	climat humide, Nobel			évolution. Elle ne boite
du	a présenté une raideur			pratiquement plus.
traitement	du dos, associé aux			Elle présente une légère
Handmont	raideurs des hanches.			asymétrie de l'antérieur droit,
	Laudento des nanenes.	İ.	l	
				avec une raideur à la flexion du

Tableau 15 : Modalités de traitement et évolution clinique des chiens traités par ondes de choc extracorporelles.

Evolution des paramètres mesurés sur tapis de marche, suivi des scores de boiterie et suivi goniométrique :

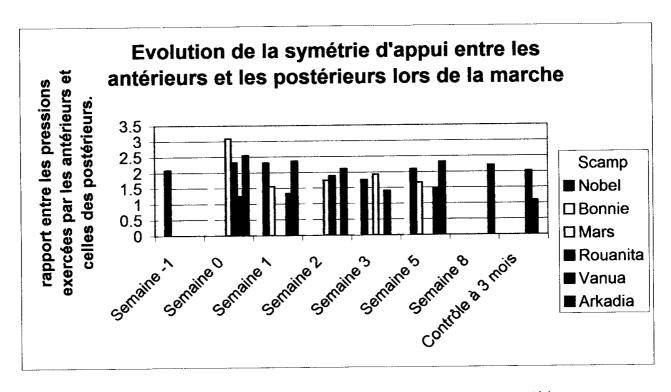


Fig 55 : évolution du rapport entre les pressions exercées par les membres antérieurs par rapport aux membres postérieurs au cours du temps.

Valeurs issues du traitement des données recueillies par le tapis GaitRite®

On peut remarquer, grâce à l'analyse des paramètres de la marche issus des mesures réalisées par le tapis GaitRite®, que pour la majorité des chiens, le rapport de pression antérieurs-postérieurs se rapproche de la valeur normale (N=1,5), et ce, essentiellement durant la durée du traitement. Les contrôles réalisés à 1 et 3 mois montrent un retour du rapport à celui calculé avant l'application des ondes de choc. Ceci montre bien une diminution de la douleur durant la période de traitement, permettant un appui plus franc sur le membre traité, ou une meilleure utilisation de celui-ci. L'action analgésique est longue, mais commence à disparaître trois mois environ après la fin du traitement.

Seule Vanua ne montre pas d'évolution notable des pressions exercées par son membre traité, et donc, du ratio antéropostérieur. Cependant, Vanua était présentée sous tranquillisants, car en dehors de toute médication, elle demeurait non manipulable.

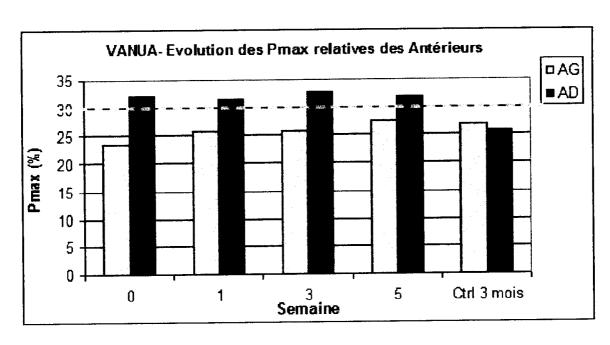


Fig 56 : Evolution de la Pmax relative des antérieurs de Vanua Valeurs issues des données recueillies par le tapis GAITRite®

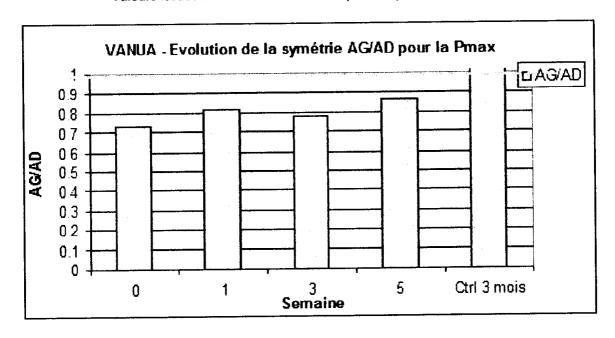


Fig 57: Evolution du ratio AG/AD des Pmax chez Vanua

Valeurs issues des données recueillies par le tapis GAITRite®

Chez Vanua, entre la première et la dernière séance (semaine 5), on observe une augmentation de la Pmax relative de l'antérieur gauche de 13% de la Pmax relative (qui passe de 23,5% à 27,5%), et une amélioration significative du ratio AG/AD qui passe de 0,73 à 0,86.

Ce ratio est encore amélioré au contrôle à trois mois après la fin du traitement puisqu'il atteint la valeur de 1,04. Le jour de cette consultation, Vanua ne présentait pratiquement pas de boiterie au pas, ni de douleur à la palpation et à la manipulation du coude gauche. Il était également possible d'obtenir une flexion complète du coude malgré une certaine gêne et une résistance de Vanua.

Ceci n'a pas empêché, un peu plus d'un mois et demi plus tard, la réapparition d'une forte boiterie avec une poussée aiguë d'arthrose. Une seconde cure d'ESWT a été entreprise, qui a amélioré l'état de Vanua, mais incomplètement. Elle a continué à boiter longtemps après l'opération (plusieurs mois) jusqu'à ce qu'elle suive une physiothérapie : en trois semaines et 6 séances, Vanua n'a plus boité de l'antérieur gauche jusqu'à l'heure actuelle.

Les évaluations des scores de boiterie réalisées sur certains chiens, et leur évolution au cours du traitement, viennent confirmer l'impression d'amélioration de la marche.

Chien	Semaine -	Semaine 0	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 5	Semaine 8
Mars	1/5	0+/5		1/5			1-/5
Vanua	2.5/5	2/5	2/5	1.5/5	1/5		0.5/5

Tableau 16 : évolution des scores de boiterie au cours du traitement.

Des évaluations goniométriques ont été réalisées pour certains chiens. Les amplitudes sont données en flexion, sauf précision contraire.

Chien	Semaine -1	Semaine 0	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 5	Semaine 8
Bonnie		145°	id		140°	
Genou G						
Bonnie		45°	ld		40°	
Genou D						
Rouanita		Extension	Extension	Extension		
Genou G		146°	150°	148°		
Arkadia	50°	40°	35°			maximale
Carpe D						

Tableau 17 : évolution des mesures goniométriques au cours du traitement par ondes de choc extracorporelles radiales.

### Bilan:

La majorité des chiens traités présentent une amélioration rapide de leur confort. Les propriétaires rapportent, plus qu'une amélioration de la boiterie, un retour du chien à une vie active, joyeuse, avec des phases de jeu.

Les moyens objectifs d'évaluer la marche, que ce soit par les scores de boiterie, les mesures goniométriques, ou encore l'analyse de la marche par le tapis GaitRite®, permettent de confirmer cette bonne évolution, bien qu'elle ne soit pas systématiquement très importante.

Cependant, il est à noter que beaucoup des chiens traités ici ont montré des signes de douleur de nouveau trois mois environ après la fin du traitement, montrant une action analgésique longue des ondes de choc extracorporelles, mais cependant à renouveler dans les trois à six mois suivant le premier traitement.

### 4/Intégration des ondes de choc extracorporelles radiales dans un protocole de soins sur 2 chiens souffrant de déviation angulaire :

Barouk est un chiot Bouvier Bernois mâle de 5 mois, présenté à la consultation pour défaut d'aplombs des membres postérieurs. Le principal problème dans le choix de la thérapeutique à envisager, pour lui, est du à son jeune âge : ses plaques de croissance ne sont pas encore ossifiées, et il est important de conserver tout leur potentiel de croissance, afin de garantir un développement correct du chien. Cependant, au vu des excellents résultats des traitements par ondes de choc sur des poulains souffrant de déviations angulaires, nous avons choisi d'appliquer des ondes de choc sur Barouk.

Arko est un jeune Bouvier Bernois mâle de 12 mois, présenté à la consultation de physiothérapie pour défaut d'aplombs des membres postérieurs associé à des difficultés locomotrices. Au vu de son âge, il apparaît que les plaques de croissance soient fermées, et donc qu'il ne soit plus possible d'agir sur elles pour corriger les aplombs d'Arko. De ce fait, nous avons choisi d'agir sur les ligaments collatéraux médiaux et leurs zones d'insertions pour tenter de provoquer une inflammation, et donc une fibrose de ces éléments.

### Etat clinique des chiens à l'admission (semaine 0)

Chien et motif de consultation	Signes présentés à l'admission	Examen clinique palpatoire	Examen complémentaire
Barouk	raideur des membres sa postérieurs, surtout et	La zone de jonction lombo- sacrale est sensible à la palpation, et présente une restriction d'amplitude à l'extension.	Radios des hanches conseillées, mais non réalisées.
	Les jarrets restent très ouverts, ne fléchissant quasiment pas lors de l'appui.  Les pieds sont en rotation externe.	On note une sensibilité des deux hanches à la palpation pression et une raideur en fin d'extension.  Les grassets apparaissent laxes, de même que les jarrets. Les jarrets sont sensibles à la mobilisation, et lors de la suppression d'appui, ils sont déviés en adduction et rotation interne.	
Arko	Arko présente une boiterie légère du membre postérieur gauche, et se désunit au trot.  Il tient ses jarrets en rotation externe et en abduction.	A la palpation le jarret droit présente une laxité importante.  Le grasset gauche et le jarret gauche sont également laxes, sans pour autant que la mobilisation ne déclenche de douleur.	

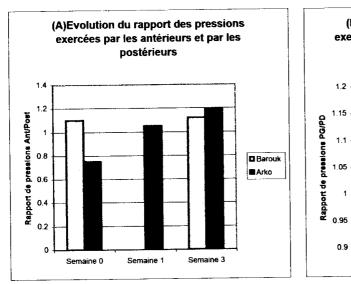
Tableau 18 : présentation clinique des chiens lors de la première consultation de physiothérapie.

Traitement et évolution clinique :

ent et évolution clinique :	Arko
Massages, mobilisations passives	ESWT 1000 chocs,
ESWT: 1000 chocs,	P=1.5 bars, 10 Hrz sur les malléoles, les ligaments
P=1,5bars, 9 Hrz	collatéraux médiaux du tarse et leurs insertions.
Stretching myotensif	
Acupuncture	Electromyostimulation des muscles tibial crânial, long péronier, et du biceps fémoral.
Barouk a présenté une légère douleur à	
l'application des ondes de choc sur le jarret	Acupuncture
	Travail sur tapis roulant.
2 <sup>ème</sup> séance ESWT	2 <sup>ème</sup> séance ESWT
La douleur à l'application des ondes de choc	
1 1	
3 <sup>ème</sup> séance ESWT	3 <sup>ème</sup> séance ESWT
Barouk présente toujours une bojterie du membre	
postérieur gauche au pas, associée à une forte	
Cenendant, la déviation en rotation externe du	
jarret gauche semble s'être atténuée.	
January Santa	4ème séance ESWT
	Arko a présenté une amélioration progressive de la
	boiterie au fil des séances. Les temps des
	promenades s'allongent.
	Arko se déplace avec plus d'aisance et de souplesse,
	et ne semble plus s'affaisser à chaque pas.
	Cependant, on ne note pas d'amélioration de la
	déviation des aplombes, ni de la laxité des jarrets.
	Barouk  Massages, mobilisations passives ESWT: 1000 chocs, P=1,5bars, 9 Hrz Stretching myotensif Acupuncture  Barouk a présenté une légère douleur à l'application des ondes de choc sur le jarret gauche.  2ème séance ESWT

Tableau 19 : Modalités de traitement et évolution clinique des chiens traités par ondes de choc extracorporelles.

### Analyse de la marche :



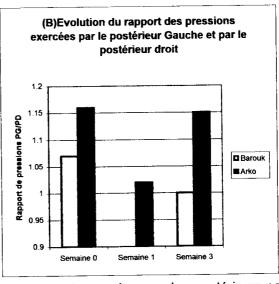


Fig 58 : évolution du rapport entre les pressions exercées par les membres antérieurs par rapport aux membres postérieurs(A) et par le postérieur gauche par rapport au postérieur droit (B) au cours du temps.

Valeurs issues du traitement des données recueillies par le tapis GAITRite®

Les données apportées par le tapis GAITRite® permettent de montrer une normalisation de l'appui des membres postérieurs, que ce soit par rapport aux membres antérieurs (N=1,5), ou l'un par rapport à l'autre (N=1). Ceci peut être associé à un début d'amélioration des aplombs, avec une meilleure répartition des charges lors de la marche.

### Bilan:

Bien qu'Arko et Barouk n'aient pas montré d'amélioration significative de leurs aplombs, ni de modification de la laxité articulaire du jarret, leur démarche s'est nettement améliorée : dos moins affaissé, arrière train plus redressé, donc jarrets plus hauts et moins déviés sous le poids du corps. Ils arrivent à faire de longues promenades sans se fatiguer et peuvent trotter, ce qu'ils ne pouvaient pas faire avant leur prise en charge en physiothérapie.

Cinq mois après la dernière séance de physiothérapie, l'état d'Arko était jugé encore assez satisfaisant par ses propriétaires : il arrive à trotter, courir, jouer, et ne s'assoie plus toutes les dix minutes au cours des promenades.

Barouk, ayant encore un bon potentiel de croissance, laissait espérer que l'amélioration posturale obtenue pourrait progressivement aboutir à une amélioration de la déviation des jarrets. Malheureusement, six mois plus tard, Barouk est revu en consultation de physiothérapie avec des dysplasies bilatérales des coudes et des hanches. Quant aux jarrets, ils n'ont pas montré d'aggravation. A la cours et dans les trois mois qui ont suivi la première cure d'ESWT, un nouveau traitement est mis en place concernant les coudes et les jarrets.

### 5/ Bilan clinique et biomécanique du traitement des pathologies musculo-tendineuses et articulaires par ondes de chocs extracorporelles radiales chez le chien - discussion

D'un point de vue clinique, on constate chez tous les chiens traités, quelles que soient leurs lésions, une amélioration importante du statut algique et du confort, et par là-même, de la boiterie. Cependant, cette amélioration n'est pas irréversible. Chez pratiquement la majorité des chiens, l'inconfort réapparaît et selon l'importance des lésions initiales, dans les trois à six mois suivant l'arrêt du traitement par ondes de choc.

Il est à noter toutefois que ceci est très probablement en rapport avec le type d'affections traitées dans cette étude : qu'elles soient articulaires (arthrose), musculaires (myosites fibrosantes) ou tendineuses (lésions anciennes fibrosées), elles sont toutes de natures chroniques et anciennes, et donc d'évolution inéluctable.

Par conséquent, et dans ce type d'affections, il serait recommandé de renouveler le traitement par ondes de chocs radiales environ deux fois par an, tout en s'adaptant bien entendu aux besoins du chien.

Les trois chiens ayant présenté des affections musculo-tendineuses relativement récentes (Rajad, Vaudou, et Artic) ont vu leurs lésions guérir complètement sans récidive.

A l'inverse, les contrôles radiographiques des traitements d'arthrose n'ont pas permis de mettre en évidence de diminution des lésions. Cependant, nous n'avons pas non plus noté d'aggravation de ces lésions, aggravation qui aurait du être visible au vu du temps laissé entre chaque contrôle radiographique au vu de la rapidité de développement de l'arthrose chez le chien.

Par conséquent, s'il il n'est pas possible de conclure à une amélioration structurelle des articulations, on peut constater un ralentissement de l'aggravation de ces lésions, dans les cas de traitements d'arthrose. Ceci amène au fait qu'il sera conseillé d'envisager de renouveler les cures d'ESW pour prévenir les poussées aiguës d'arthrose. On manque de recul dans l'utilisation de cette thérapie chez le chien pour savoir s'il y a sommation des effets des cures d'ESW, et s'il est possible de les espacer progressivement.

Les mesures goniométriques ont permis d'objectiver une augmentation significative des amplitudes articulaires chez pratiquement tous les chiens qui présentaient de fortes restrictions de mobilité. Cette amélioration peut être attribuée à deux facteurs : une réduction de la douleur lors de la mise en mouvements de l'articulation lésée d'une part, et une relaxation des contractures musculaires induites par la douleur d'autre part.

L'analyse de la marche à l'aide du tapis GAITRite® vient ici essentiellement confirmer l'amélioration de la locomotion et du confort constatée lors des examens cliniques des chiens. Elles ont également permis d'objectiver et de rendre moins opérateur-dépendant la mise en avant des modifications minimes de la démarche. Elles ont cependant un défaut majeur, qui est que les

chiens modifient leur démarche selon la personne qui les mène, et nous nous sommes parfois trouvés confrontés à ce problème.

Les résultats de cette étude rejoignent celles présentées par Mueller et al. (2007) concernant l'amélioration de la biomécanique locomotrice et des boiteries lors du traitement de la coxarthrose au moyen du même matériel délivrant des ondes de choc radiales.

Les observations faites sur les autres localisations de l'arthrose (coude, carpe, grassets, spondylose) sont à confirmer sur un nombre plus important d'animaux.

Les résultats intéressants obtenus sur les tendinopathies rejoignent ceux rapportés chez l'homme et chez le cheval. Mais aucune autre étude, à part les deux observations cliniques de Danova et Muir (2003) sur des tendinites calcifiantes du tendon du biceps, ne rapporte encore les effets des ESW radiales dans les tendinopathies, sur un nombre significatif de chiens.

Les observations faites sur le traitement des deux cas de myosites fibrosantes sont particulièrement intéressantes, car ce sont les premières à notre connaissance qui sont rapportées chez le chien. Cette affection fort invalidante et atteignant souvent les Bergers Allemands est d'évolution inéluctable, et difficile à soigner, car les animaux touchés présentent dans plus de 50% des cas des récidives même après exérèse chirurgicale des portions fibrosées du muscle. Par leur structure, les muscles gracile, semi-tendineux et semi-membraneux ont tendance à développer un processus fibrosant très rapide, si la myosite (ou une forte contracture à composante inflammatoire) n'est pas décelée précocement et traitée correctement. Les ondes de choc ont permis dans un cas une résolution de la myosite et une cicatrisation des tissus objectivée par échographie (Artic), et dans le second cas, une amélioration significative et durable de l'amplitude articulaire du genou, de la locomotion, et du confort de vie de Magma. Ceci est certainement en rapport, tout d'abord avec les effets stimulants de l'inflammation des tissus mous des ESW favorisant l'apparition de microlésions, donc de microhémorragies, et donc la phase vasculaire de l'inflammation, et ensuite, avec les propriétés mécaniques des ondes produisant des cavitations et détruisant les ponts entre les fascicules fibreux.

L'idéal aurait été une étude comparée avec un groupe témoin non traité (difficilement concevable dans la clientèle des cliniques de l'ENVL) ou bénéficiant d'une autre thérapeutique.

D'autres propriétés démontrées des ESW n'ont pas encore, à notre connaissance, fait l'objet d'applications cliniques chez le chien : leur capacité à stimuler les centres d'ossification (intérêt dans le traitement de certains non-union) d'une part, et surtout la cicatrisation osseuse d'autre part.

De nombreux champs d'investigations sont encore à étudier sur l'utilisation des ondes de choc ex thérapeutique canine.

### CONCLUSION

Depuis les années 1990, de nombreuses études cliniques et expérimentales ont montré une efficacité certaine des Ondes de Chocs Extracorporelles (ESWT) dans le traitement d'affections ostéo-articulaires et musculo-tendineuses chez l'animal de laboratoire, chez l'homme et chez le cheval (Tennis Elbow, tendinite calcifiée, enthésopathie du ligament suspenseur du cheval, etc. ...). L'incursion de cette thérapeutique en médecine vétérinaire des animaux de compagnie, surtout du chien, ne date que de quelques années et les études évaluant leur intérêt et leur efficacité chez cette espèce restent encore très rares.

Un appareil Swiss-Dolorclast ND a été mis à disposition de l'Unité de Physiothérapie-Rééducation-Ostéopathie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon par la Société EMS (Nyon-Suisse) pour une durée de 2 ans, afin d'évaluer l'efficacité thérapeutique des ondes de chocs radiales chez les carnivores domestiques.

Parmi les animaux qui ont bénéficié de cette thérapeutique au cours de ces deux années, seuls ont été inclus dans cette étude ceux qui ont pu être suivis sur plusieurs mois. La majorité d'entre eux a été traitée pour des affections ostéo-articulaires (arthroses sévères de la hanche, du genou, du coude, spondylose) et seul un petit nombre pour des affections musculo-tendineuses diverses (tendinite du biceps, myosite fibrosante, en post-opératoire de chirurgie tendineuse). L'évaluation de la récupération fonctionnelle s'est basée sur l'examen clinique (examen orthopédique, imagerie) et la biomécanique (goniométrie, tests sur tapis de pression GaiteFour ®). Il a également été tenu compte de la satisfaction des propriétaires.

Tous les chiens traités dans cette étude ont présenté une amélioration notable de leur état clinique : diminution de la boiterie, amélioration des amplitudes articulaires, reprise des comportements de jeu, allongement des temps de promenades, amélioration des paramètres biomécaniques mesurés sur tapis de marche. Si toutes les radiographies et échographies n'ont pas montré objectivement de diminution significative des lésions, nous avons pu toutefois noter un ralentissement de l'évolution de pathologies dégénératives comme l'arthrose sur plusieurs mois.

De ce travail, ressortent les multiples avantages de l'utilisation des ondes de choc radiales chez le chien. A part l'investissement de départ, non négligeable, à apporter pour l'achat d'un appareil générateur d'ondes de choc, cette thérapeutique apparaît d'un intérêt certain chez cette espèce :

- elle permet d'obtenir une amélioration rapide de la qualité de vie de l'animal, en lui procurant une analgésie rapide et durable (de plusieurs mois au moins)
- avec un protocole peu contraignant : le propriétaire ne présentant son animal que trois voire quatre fois en un mois, et ceci, une à deux fois par an
- les ESWT peuvent être intégrées dans un programme de rééducation fonctionnelle et être associées efficacement à d'autres techniques de physiothérapie (massages, mobilisations, applications de chaleur etc..)

En effet, nous sommes souvent démunis face à des pathologies de l'appareil locomoteur douloureuses, invalidantes, pour lesquelles les animaux concernés sont âgés, montrent une intolérance aux médicaments classiques, et souvent les propriétaires ne peuvent pas investir dans une chirurgie onéreuse pour un animal qui a, bien souvent, essentiellement une valeur sentimentale.

Nous n'avons pu présenter ici qu'une illustration clinique de l'utilisation des ondes de choc radiales. Cependant, une étude à plus long terme et sur un nombre plus important d'animaux permettrait d'analyser de façon statistique les résultats d'une telle thérapeutique.

D'autres indications des ondes de chocs radiales méritent d'être évaluées chez le chien, telles que le traitement des non-unions, des plaies, des fragmentations osseuses, pour lesquelles différentes études effectuées sur des rats, lapins, et chevaux notamment rapportent un effet bénéfique notable des ESWT.

Le Professeur responsable

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Le Président de la thès

\_

Pour le Directeur et par délégation, LA DIRECTRICE DE L'ENSEIGNEMENT

Professeur Françoise GRAIN

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Pour Le Président de l'Université Le Président du Comité de Coordin

Des Etudes Médicales

Professeur F.N GILLY

ales,

Vu : Le Directeur

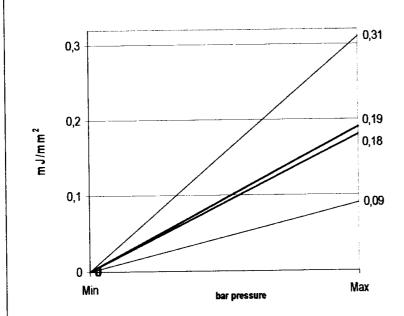
### **ANNEXES**

### Annexe 1 : Echelle visuelle analogique permettant d'obtenir une évaluation du score de douleur chez le chien (Utilisé à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon)

	ÉVALUATION CLINIQUE DE LA DOULEUR		Dale et heure			
	Identification:		] [	1		
			┨ <u>├</u> ──	<u> </u>		
TYET	7	<u>:</u>	] [	][		
Appréciation	Pas de douleur	0	0	0	0	
globale subjective		11	1	1 1	1	
		2	2 3	3	2	
	Douleur intolérable	3				
Attitude generale a	Parmi les symptômes suivants :	[-,				
	présente des modifications respiratoires		님님			
	• gémit	-	ᆵ			
	- vousse in dos					
	reste figé en posture antalgique	ᆵ	ᄩ			
	• s'agite ou est abattu		١Ħ١			
	perd l'appétit     regarde, mordille ou lèche la zone opératoire					
	regarde, mordine ou leche la zono operatione     buile, se déplace difficilement ou est réticent à se				.   🖂	
	déplacer		-			
	- Aucun signe présent	0	0	0	0	
	- 1 seul présent	1 2	1 2	2	2	
	- 2 à 4 présents - 5 à 8 présents	3	3	3	3	
			님		_	
Comportement	Est attentif et répond aux caresses, à la voix	0	0	0	0	
interactif	Répond timidement	1	1	1	1	
	Ne répond pas immédiatement	2	2	2	2	
	Ne répond pas ou répond de laçon agressive	3	3	3	3	
	- 10 W		0	0	0	
Frequence 5.	≤ 10 % augmentation 11-30 % augmentation		11	1	1	
cardiaoue	31-50 % augmentation	2	2	2	2	
valeuciuitale	> 50 % augmentation ou non évaluable	3	3	3	3	
	> 50 % augmentation ou non evaluation	빌				
Réaction	Pas de réaction visible ou audible					
à la manipulation	- après 4 manipulations	0	0	0	''	
de la zone	Réaction(s) visible(s) ou audible(s)	,	11	1	1	
opératoire	- à la 4° manipulation - à la 2° et 3" manipulation	2	2	2	2	
	- à la 1º manipulation ou non évaluable	3	3	3	3	
				0	0	
intensite	Aucune réponse	0	0	1	1	
degenerated of s	Répond faiblement, essaye de se soustraire	1	1	2	2	
	Tourne la tête ou vocalise	2	2	-	3	
	Tente de fuir ou d'agresser ou non évaluable	3	3	3		
CORPTOTAL	1 à 5 : douleur légère					
SCORETOTAL	6 à 10 : douteur modérée			ĺ		
	11 à 18 : douleur sévère				<u> </u>	
TOAITERENT			1			
TRAITEMENT						
			3			

Annexe 2 : Particularités physiques des ondes de choc extracorporelles radiales délivrées par le SwissDolorClast Vet® de EMS selon la tête utilisée.





Applicateur	
15 mm	
10 mm	
15 TST	

			46	16 mm TST	(	Unité	
Principe physique	sigle	6 mm *	10 mm				
Pression maximale positive	P+ <sup>max</sup>	12,3	17,1	7,6	11,9	Мра	
Pression maximale négative	P-max	-12	-4,4	-7,7	-5,9	Мра	
Flux énergétique maximal positif	ED.	0,19	0,31	0,09	0,18	mJ/mm <sup>2</sup>	
Durée d'accroissement	tr	1,65	2,3	2,9	3	μs	
Durée d'obtention de la moitiée de P+max	t	2,1	2,2	2,3	2,5	μs	
-6dB focus x,y	fx/y <sub>-6dB</sub>	4,6	6,9	15	8	mm	
-6dB focus z	fz. <sub>6dB</sub>	3	3,9	5,8	8	mm	
-6dB focus volume	V <sub>foc</sub>	33	55	150	268	mm³	
5 Mpa focus x,y	δι/y <sub>SMPa</sub>	6,2	5,1	7,8	9,2	mm	
5 Mpa focus z	fz swea	4,2	9,4	3	10,7	mm	
Pression positive 5 mm x,y	P <sub>+xy5mm</sub>	-	5.0	4.8	4.14	MPa	
Pression positive 5 mm z	P+z 5mm	4,6	7,6	4,5	7,4	Мра	
Energie positive totale	E	2,2	6,7	5,9	8,6	mJ/pulse	
Energie positive totale dans le -6dB focus	E.648	1,3	5,5	3,4	5,4	mJ/pulse	
Profondeur maximale de pénétration		25	26	26	35	mm	

Non utilisé dans notre étude



0 >> o '}



**DATA SHEET - Standard** 



# Annexe 3 : Présentation des protocoles de traitement par ondes de choc extracorporelles proposés par EMS (Nyons-Suisse)



### Swiss DolorClast Vetk-9 - RADIAL ESWT Handpiece

TREATMENT-SUMMARY

## General rules for the application of Radial Shock Wave Therapy:

Localization

Preparation

- Patient should be down on a comfortable mattress
- Shaving of the treatment area (if shaving is not possible, please let the cost over the treatment area soak in alcohol for 30 minutes).
- Application of the EMS Contact Gel on the treatment
- in general an analgesic effect can be observed after this period Start with the recommended starting frequency for the first 200 impulses
- tolerate the application increase the frequency subsequently to their ghest level that the dog can

For more information please consult the instruction manual and the application manual for canine applications

### Treatment

Only use the 15 mm Applicator of the Radial ESWT Handpiece and a light application pressure on the handpiece Held the ESWT handpiece and applicator perpendicular to the treatment

in general three treatments in a weekly interval area are necessary for long lasting pain management. Move the applicator slowy and continuously over the treatment area

### Important

During the treatment period any exercise that causes unusual pressure on the patient's joints should be avoided. Once the analgesic period is over, the dog might show some screness before the actual pain relief starts.

### Treatment protocols

Indication	Protocol		Application
Hip Dysplasia / Hip Arthritis	itis. Treatment pressure, 20 bar	2 0 ber	
(coxarthrosis)	Number of impulses. 2,000 laterally	2,000 laterally	
	Start frequency	10 Hz	
	Caution. Avoid the gr	Caution. Avoid the greater trochanter area	
Elbow Arthritis	Treatment pressure 1.8 par	1.8 par	
		1,000 medially	
	Start frequency:	8 Hz	

Please note: For a safe and efficient application of the Swiss DolorClast' Vet it is necessary to follow the instruction and application manuals

Tendonits (i.e. of the biceps)	Spondylosis		Knee Arthr tis (gonarthrosis)	Indication
Start frequency: 8 Hz  Treatment pressure: 1 7 bar  Number of impulses: 800 laterally  Start frequency: 9 Hz	Treatment pressure 15 bar  Number of impulses 500 laterally and	Start trequency	Treatment pressure: 1.5 bar Number of impulses: 1000 aterally and	Protacol
8 Hz 1 7 bar 800 lateral y 9 Hz	1.5 bar 500 laterally and	9 Hz	1.5 bar 1 000 aterally and	
				Application

Please note: For a safe and efficient application of the Swiss DolorClast" Vet it is necessary to follow the instruction and application manuals

### **Bibliographie**

### Anonymous (2005)

The GAITRite Portable Walkway System... Footprints You Can See, Measurements You Can Trust!
CIR Systems Inc. (2005)

### Anonymous (2006)

The GAITRite Electronic Walkway, Measurements & Definitions CIR Systems Inc. (2006)

### Bathe A.P. (2005)

Results of extracorporeal shockwave therapy for the treatment of superficial digital flexor tendonitis.

British Racing School, Newmarket, Equine Stud Medicine Course, 17-21 January, 2005

### Bathe A.P., Rowlands D.S., Boening K.J. (2005)

Treatment of limb deformities using radial extracorporeal shockwave therapy: a prospective clinical trial.

British Racing School, Newmarket, Equine Stud Medicine Course, 17-21 January, 2005

### Bergerault E. (2006)

Etude de la locomotion du chien après resection de la tête et du col du fémur. Utilisation d'un tapis de marche de type GAITFour® Thèse de Doctorat Vétérinaire (Lyon), 2006, 119p.

### Birnbaum K., et al. (2002)

Use of extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in the treatment of nonunions : a review of the litterature

Arch. Orthop. Trauma. Surg., 2002, July, 122 (6) 324-30

### Bockstahler B., Levine D., Millis D. (2004)

Essential facts of physiotherapy in dogs and cats. Rehabilitation and pain Management.

BE Vet Verlag, Babenhausen, Germany 2004

### Bockstahler B., Levine D., Millis D. (2005)

Essential Facts of Physiotherapy in Dogs and Cats Rehabilitation and Pain Management

BE Vet Verlag, Babenhausen, Germany 2005

### Bockstahler B., Mueller M., Mlacnik E. (2004)

Coxarthrosis Case Study
MVS Medicine Publishing House, Stuttgart
GmbH & Co, KG, 2/2004

### **Boening J. (2001)**

Radial extracorporeal Shock Wave Therapy for Horses with Chronic Insertion Desmopathy of the Proximal Suspensory Ligament and Alternative Applications Proceedings of a conference on : AVEF Congress, Oct 2005

### Bolt D.M., Burba D.J., Hubert J.D., Pettifer G.R., Hosgood G.L. (2004)

Evaluation of cutaneous analgesia after non-focused extracorporeal shock wave application over the Third metacarpal bone in horses

The Canadian Journal of Veterinary Research, 68 (2004) 288-292

### Bolt D.M., Burba D.J., Hubert J.D., Strain G., et al. (2003)

Functional and morphological changes in palmar digital nerves following extracorporeal shock wave applications in horse Vet. Orthop. Soc., 2003, 30 (67)

### Brissot R., Lassalle A., Vincendeau S., Polard J.L., Fouché M., Ninubona D., et al. (2005)

Treatment of heterotopic ossification by extracorporeal shock wave : 26 patients Annales de Réadaptation et de Médecine Physique, 48 (2005) 581-589

### Brissot R., Lobel B. (2004)

Effets biologiques des ondes de choc. Application à la pathologie mécanique de l'appareil locomoteur.

In : Herisson Ch. Et al. Ondes de choc extracorporelles en médecine orthopédique, Sauramps médical, 15-20

### Bulut O., et al. (2006)

Extracorporeal shock wave treatment for defective nonunion of the radius : a rabbit model.

Journal of Orthopaedic surgery, 2006: 14 (2) 133-7

### Chen Y.J., Kuo Y.R., Yang K.D., Wang C.J., Sheen Chen S.M., Huang H.C. et al. (2003)

Activation of extracellular signal-regulated kinase (ERK) and p38 kinase in shock wave-promoted bone formation of segmental defect in rats. Bone, 34 (2004) 466-477

### Chen Y.J., Wang F.S., Wang C.J., Kuender D.Y., Kuo Y.R., Huang H.C. (2004)

Shockwave Attenuates Interleukin-1beta, Cyclooxygenase-2 and Prostaglandin E2 Receptor Expressions During Healing of Collagenase-Induced Achilles Tendonitis in Rats

Proceedings of a conference on : the 7th Congress of the ISMT, Kaohsiung, Taiwan, April 1-4 2004

### Ciampa A.R., Carcereri de Prati A., Amelio E., Cavalieri E., Persichini T., Colasanti M., et al. (2005)

Nitric Oxide mediates anti-inflammatory action of extracorporeal shock waves FEBS Letters, vol 579, 30 (2005), 6839-6845

### Cobian C., Gonzalez J., Peiran X., Biosca F. (2004)

Traitement des tendinopathies avec les ondes de choc radiales chez les sportifs. In Herisson Ch.et al., Ondes de choc extracorporelles en médecine orthopédique, Sauramps médical, 2004, p 79-87

### Costa M.L., Shepstone L., Donell S.T., Thomas T.L. (2005)

Shock wave therapy for chronic Achilles Tendon pain : a randomized placebocontrolled trial.

Clinical Orthopaedics and related research, 2005, 440, 199-204

### Da Costa-Gomez T.M., Radtke C.L., et al. (2004)

Effect of focused and radial extracorporeal shockwave therapy on equine bone micro damage.

Veterinary Surgery, 33 (2004), 49-55

### Dahlberg J., Fitch G., Evans R.B., MacClure S., Conzemius M. (2005)

The evaluation of extracorporeal shockwave therapy in naturally occurring osteoarthritis of the stifle joint in dogs

Vet Comp Orthop Traumatol 3 (2005)147-152

### Danova N.A., Muir P. (2003)

Extracorporeal shock wave therapy for supraspinatus calcifying tendinopathy in two dogs

The Veterinary Record, 152 (2003) 208-209

### Flecknell P.A., Waterman-Pearson A. (2000)

Pain Management in animals

London: W.B.Saunders Company, 184p.

### Furlong B.W., Revenaught M.S. (2001)

Radial Shockwave therapy for the treatment of insertion desmopathies in performance horses.

Proceedings of a conference on : BCVMA 2001 Meeting, 5-6 November 2001, Vancouver, British Columbia, Canada.

### Genty M., Schmidt D. (2004)

Evaluation des traitements par ondes de choc extracorporelles dans les douleurs de l'appareil locomoteur.

In Herisson Ch. et al. , Ondes de choc extracorporelles en médecine orthopédique, Sauramps médical, 2004, p 71-78

### Gerdesmeyer L., Maier M., Haake M., Schmitz C. (2002)

Physical technical principles of extracorporeal shockwave therapy Orthopade, 2002, Jul., 31(7) 610-7

### Haake M., Thon A., Bette M. (2002)

NO influence of loco-energy extracorporeal shock wave therapy (ESWT) on spinal nociceptive systems.

Journal of orthopaedic science, 7-1 (2002), 97-101

### Haake M., Wessel C., Wilke A (1999)

Effects of extracorporeal shock waves (ESWT) on human bone marrow cell cultures.

Biomed Tech, 1999, oct., 44 (10) 278-82

### Haupt et al., (1990)

Effect of shock waves on the healing of partial thickness wounds in piglets J. Surg Res, 49 (1990) 45-58

### Jaegger G., Marcellin-Little D.J., Levine D. (2002)

Reliability of goniometry in Labrador Retrievers

Am. J. Vet. Res (2002) 63: 979-986

### Johannes E.J., Kaulesar Sukul D.M., Matura E. (1994)

High energy shock waves for the treatment of nonunions : an experiment on dogs.

J.Surg. Res., 1994, 57, 246-52

### Kausesar Sukul D.M.K.S., Johannes E.J., Pierik E.G.J.M. et al. (1993)

The effect of high energy shock waves focusal on cortical bone : an in vitro study J. Surg. Res., 54 (1993) 46-51

### Klug R., Kurz F., Dunzinger M. et al. (2001)

Small bowel perforation after extracorporeal shockwave lithotripsy of an urethral stone.

Dig. Surg. 2001, 18, 241-2

### Kuender D.Y., Chi-Chin, Chiu, Wang F.S., Huang H.C., Hsu T.Y., et al. (2004)

Ex Vivo Shockwave Treatment Enhances Bone Growth of Mesenchymal Cells From Human Umbilical Cord Blood in SCID Mice

Proceedings of a conference on : the 7th Congress of the ISMT, Kaohsiung, Taiwan, April 1-4 2004

### Lakshlanan P., O'Doherty D.P. (2003)

Chronic Achilles tendinopathy: treatment with extracorporeal shock waves Foot and Ankle Surgery 10 (2004) 125-130

### Le Quang T. (2005)

Utilisation d'un dispositif d'analyse de la marche de type GAITRite chez le chien Mémoire du Diplôme d'Etudes Approfondies de Génie Mécanique, Option Biomécanique, Ecole Doctorale MEGA de Lyon, Lyon, 96p.

### Lischer Ch.J., Ringer S., Schnewlin M., Ueltschi G. (2002)

Extracorporeal Shock Wave Therapy (ESWT) in the management of chronic musculoskeletal disorders

Proceedings on a conference of 11th annual scientific meeting of the ECVS, Large animal session, 137-142, Vienne, Austria, July 5-7, 2002

### Lohse-Bush H., Kraemer M., Raime U. (1997)

A pilot investigation into the effects of extracorporeal shock waves on muscular dysfunction in children with spastic movements disorders.

Der Schmerz, 1997, 11 (2), 108-112

### MacClure S. (2002)

Extracorporeal Shock Wave Therapy: What? Why? Safety? Proceedings of a conference on: the 14th International Conference of Racing Analysts and veterinarians, Orlando, Florida, July 3-9, 2002

### MacClure S., Van Sickle D., White R. (2004)

Effects of Extracorporeal Shock Wave Therapy on Bone Veterinary Surgery, 33 (2004) 40-48

### MacClure S., Weinberger T. (2003)

Extracorporeal Shock Wave Therapy: Clinical Applications and Regulation Clinical Techniques in Equine Practice, Vol 2, 4 (2003) 358-367

### Magosck P., Lichtenberg S., Habermayer P. (2007)

Efficacity of radial shockwave therapy for calcific tendinitis of the rotator cuff – a prospective study.

In Gerdesmeyer L., Weil L.S., Extracorporeal shockwave therapy. Clinical results, technologies, basics, Data trace publishing company, 2007, 117-92

### Maître P. (2005)

Analyse de la marche du chien à l'aide d'un tapis de marche de type GAI Four® Thèse de Doctorat Vétérinaire (Lyon), 2005, 199p.

### Mariotto S., Cavalieri E., Amelio E., Ciampa A.R., Carcereri de Prati A., Marlinghaus E., et al. (2004)

Extracorporeal shock waves : From lithotripsy to anti-inflammatory action by NO production

Nitric Oxide 12 (2005) 89-96

### Millis D.L., Francis D., Adamson C.(2005)

Emerging modalities in veterinary rehabilitation.

In : Levine D., Millis D.L., Marcellin-Little D., Taylor R. Rehabilitation and Physical Therapy.

Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice Saunders 2005, 35, 1335-1355

### Mueller M., Bockstahler B., Skalicky M. (2007)

Effects of radial shockwave therapy on the limb function of dog with hip osteoarthritis.

The veterinary record, june 2007, 160, 762-5

### Neuland H., Kesselmans-Evans Z., Duchstein H.J., Mei W.P. (2004)

Outline of the Molecular biological Effects of the Extracorporeal Shockwaves (ESW) on the Human Organism

Proceedings of a conference on : the 7th Congress of the ISMT, Kaohsiung, Taiwan, April 1-4 2004

### Ochiai N. et al. (2007)

Extracorporeal shock wave therapy improves motor dysfunction and pain originating from knee osteoarthritis in rats.

Osteoarthritis Cartilage, 03/2007

### Ohtori S., Inoue G., Mannoji C., Saisu T., Takashi K., Mitsuhashi S., et al. (2001)

Shock wave application to rat skin induces degeneration and reinnervation of sensory nerve fibres

Neuroscience Letters, 315 (2001) 57-60

### Orhan Z., Alper M., Akman Y., Yavuz O., Yalciner A. (2001)

An experimental study on the application of extracorporeal shock waves in the treatment of tendon injuries : preliminary report.

J. Orthop. Sci., 2001, 6 (6), 556-70

### Palmer S.E. (2001)

Treatment of dorsal metacarpal disease in the thoroughbred racehorse with radial extracorporeal shock wave therapy

Proceedings of a conference on : 138th AVMA annual convention, July 14-18, 2001, Boston

### Redding W.R. (2004)

Extracorporeal Shock Wave Therapy

Proceedings on a conference on : the 3rd international symposium on Rehabilitation and Physical Therapy, August 7-11, 2004

### Revenaught M.S. (2001)

Case report : clinical, radiographic and scintigraphic evaluation of a horse with chronic distal limb arthritis and navicular bone fracture before and after radial extracorporeal shockwave therapy (ESWT)

Association for equine sports medicine (2001)

### Rompe JD, Kirkpatrick CJ, Kullmer K, Schwitalle M, Krischek O. (1998)

Dose-related effects of shock waves on rabbit tendon Achilles: a sonographic and histological study.

J Bone Joint Surg (Br) 80-B (1998) 546-552

### Saisu T., et al. (2001)

Effects of shockwaves on immature rabbit bone.

Abstract of the 4th congress of the international society for musculoskeletal shockwave therapy (IMST), May 24-26, 2001, Berlin, Germany

### Savalli L., Puig P., Trouvé P. (2004)

Intérêt des ondes de choc dans la prise en charge des douleurs de l'appareil extenseur et plus particulièrement des tendinopathies rotuliennes chroniques après ligamentoplastie du ligament croisé antérieur (LCA) chez le sportif. In Ondes de choc extracorporelles en médecine orthopédique, Herisson Ch., Sauramps médical, 2004

### Schelling G., Delius M., Gschwender M., Grafe P., Gambihler S. (1993)

Extracorporeal Shock Waves Stimulate Frog Sciatic Nerves Indirectly via a Cavitation-Mediated Mechanism

Biophysical Journal vol 66, January (1994) 133-140

### Steiss J.E., Adams C.C (1999)

Rate of temperature increase in canine muscle during 1 MHz ultrasound therapy : deleterious effect of hair coat.

Am. J. Vet. Res (1999) 60, 76-80

### **Towle J.M., Fleck T.J. (2005)**

Clinical results of radial shockwave therapy for the treatment of osteoarthritis in dogs

Proceedings of a conference on the 30th World Congress of the World Small Animal Veterinary Association WSAVA/FIAVAC/AMMVEPE, Mexico City, May 11-14, 2005

### Tranquilli W.J., Grimm K.A., Lamont L.A. (2000)

Pain management for the small animal practitioners Jackson: Teton New Media, 125p.

### Troncy E., Langevin B. (2001)

La douleur animale

In : Analgésie des Carnivores Domestiques. Carnet Clinique, Edition du Point Vétérinaire. Maisons-Alfort , p.1-9

### Uwatoku T., Shimokawa H., Abe K., Ol K., Hizume T., Sunagawa K. (2005)

Extracorporeal cardiac Shock Wave Therapy Suppresses Left Ventricular Remodelling After Myocardial Infarction in Pigs Journal of cardiac Failure, vol 11, 9 (2005), 0-013

### Vaccaro A. (2006)

Etude spatio-temporelle des boiteries à l'aide d'un tapis de marche lors de dysplasies du coude chez le chien.

Thèse de doctorat vétérinaire (Lyon), 2006, 160p.

### Verna M., Turner T.A., Anderson K.L. (2005)

Scintigraphic, radiographic, and thermographic appearance of the metacarpal and metatarsal regions of adult healthy horses treated with nonfocused extracorporeal shockwave therapy: a pilot study

Vet. Ther. (2005), 6 (3), 268-76

### Von Keitz S. (2001)

Is there a long term analgesic effect of low-energy extracorporeal shockwave treatment (ESWT) ?

Abstract of the 4th congress of the international society for musculoskeletal therapy (IMST), May 24-26, 2001, Berlin, Germany

### Wang C.J., Wang F.S., Kuender D.Y., Weng L.H (2004)

The Effect of Shockwave Treatment At The Tendon-Bone Interface – A Histomorphological and Biomechanical Study in Rabbits Proceedings of a conference on : the 7th Congress of the ISMT, Kaohsiung, Taiwan, April 1-4 2004

### Wang F.S., Wang C.J., Chen Y.J., Kuender D.Y., Kuo Y.R., Huanga H.C. (2004) -a

TGF-Beta 1 and ERK-Dependant Cbfa1/Runx2 Pathways Mediate Shock Wave Promotion of Osteoprotegerin Synthesis and Osteoclastogenesis-Inhibitory **Activity of Bone-Marrow Stromal Cells** 

Proceedings of a conference on : the 7th Congress of the ISMT, Kaohsiung, Taiwan, April 1-4 2004

### Wang F.S., Wang C.J., Chen Y.J., Yang K.D., Kuo Y.R., Huanga H.C., et al. (2004) -b

Recruitment of Mesenchymal Stem Cells and Expression of Gfbeat1 and VEGF in the Early Stage of Shock Wave-Promoted Bone Regeneration of Segmental **Defects in Rats** 

Proceedings of a conference on : the 7th Congress of the ISMT, Kaohsiung, Taiwan, April 1-4 2004

### **DEMARE EMILIE**

LES ONDES DE CHOC EXTRACORPORELLES (ESWT): EVALUATION DE L'EFFICACITE CLINIQUE DES ESWT RADIALES AU MOYEN DE **CHIEN** CHEZ LE **CLAST** VET **DOLOR SWISS** L'APPAREIL

Thèse Vétérinaire: Lyon, le 3 Octobre 2007

### **RESUME:**

Les ondes de choc extracorporelles sont des ondes de basse fréquence et haute énergie, produites à l'extérieur du corps, et agissant sur les tissus au sein de l'organisme. Elles sont soit focalisées sur une lésion, soit radiales.

Elles ont une action de destruction des tissus lésés, et favorisent la mise en place d'une inflammation aigue avec vasodilatation et néoangiogénèse, permettant ainsi l'apport de précurseurs et favorisant une bonne cicatrisation.

Associée à un programme de rééducation adapté, cette technique de physiothérapie apporte une aide non négligeable dans le traitement de pathologies articulaires et musculo-tendineuses chez les chiens.

L'étude clinique contenue dans ce travail illustre également l'analgésie durable apportée par ce traitement lors de pathologies bien souvent douloureuses et invalidantes.

### MOTS CLES: - Ondes de choc extracorporelles radiales

**Physiothérapie** 

**Etude clinique** 

Chien

JURY:

Président :

Monsieur le Professeur GHARIB

ler Assesseur:

Monsieur le Dr. Vet. SAWAYA Monsieur le Professeur VIGUIER

2ème Assesseur: 1<sup>er</sup> Invité:

Monsieur de Dr. Vet. LE QUANG

2<sup>ème</sup> Invité:

Mademoiselle le Dr. Vet BOULOCHER

**DATE DE SOUTENANCE: 3 Octobre 2007** 

ADRESSE DE L'AUTEUR:

285 A Avenue de Colmar 67100 STRASBOURG