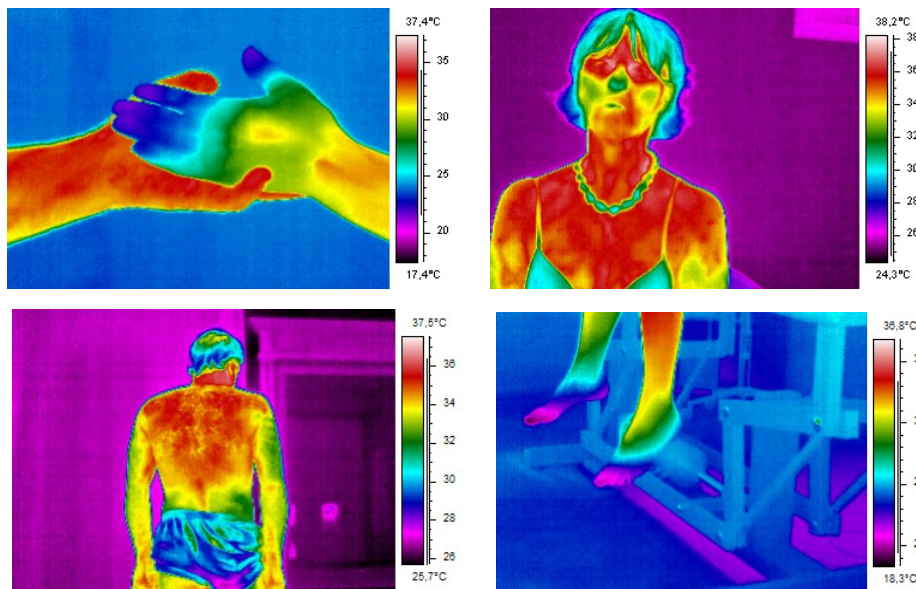


Influence des Traitements Ostéopathiques Objectivés par Caméra Infrarouge Radiométrique: Modifications Vasculaires et Thermiques



© ANDREANI Philippe by FLIR System A 320

**« Le rôle de l'artère est suprême ' »
Andrew Taylor STILL**

**ANDREANI Philippe
BILLARDELLO Antoine
ROBO Jean Alexandre
JANIN Paul
CELDRAN Patrick**

« The rule of the artery is absolute, universal, and it must be unobstructed, or disease will result. »¹

STILL, *Autobiographie*, 1908.

Contexte

Que se passe-t-il lors d'un dysfonctionnement tissulaire ?

« Le rôle de l'artère est suprême » professait Andrew Taylor STILL, cet héritage culturel a guidé nos études et notre pratique d'ostéopathe. L'artère conduit le sang depuis le cœur jusqu'à les tissus: il les colore, les nourrit et les réchauffe; le corps émet donc de la chaleur. Lors d'un dysfonctionnement tissulaire on peut supposer que la modification de tension exercée sur ces tissus va modifier l'apport vasculaire: on peut alors envisager une variation de la température à cet endroit, à proximité, voir à distance de la lésion.

Objectif

Évaluer, qualifier et quantifier les variations thermiques à la surface du corps occasionnées par un dysfonctionnement tissulaire grâce à l'appui de matériel technologique et scientifique moderne. Mesurer les effets d'une séance d'ostéopathie sur le rayonnement cutané et objectiver les changements avant et après le traitement.

Méthode

La thermographie infrarouge est fondée sur l'analyse de températures de surface de la peau, reflétant une coloration en image en fonction de la physiologie. Nous avons utilisé une caméra thermique infrarouge radiométrique au sein de deux laboratoires de physique à Paris puis auprès de 115 patients en cabinet sur deux périodes de deux semaines dans l'année 2008. Nous avons effectué des enregistrements d'images numériques selon un protocole de recherche établi avec l'aide de deux ingénieurs en thermographie. Les moyens mis en œuvre ont permis de filmer avant, pendant et après le traitement ostéopathique; la caméra permet de visualiser et de garder la trace des effets thermiques des différentes actions du traitement, cela permet d'analyser, de contrôler puis de critiquer l'expérimentation. Nous avons choisi de filmer un éventail le plus large possible de patients venus en consultation, avec leur consentement: hommes et femmes de tranches d'âges différentes ainsi que des adolescents enfants et nourrissons. L'analyse successive des données informatiques recueillies a permis d'émettre de nouvelles idées pour améliorer les enregistrements suivants, de contrôler certaines hypothèses et d'en formuler d'autres.

Résultats

Les variations thermiques avant/après le traitement ostéopathique sont mesurables en degrés Celsius, de quelques degrés (2 à 5°C) en moyenne à des valeurs nettement plus élevées (supérieures à 10°C)

Conclusion

Des phénomènes thermiques immédiats et chiffrables à la surface du corps sont observables par le radiomètre infrarouge suite au traitement ostéopathique. On peut avancer le fait que les manœuvres ostéopathiques ont une influence immédiate sur les compressions vasculaires artérielles et veineuses liées à des dysfonctions tissulaires bien précises. La qualité biomécanique musculaire et articulaire s'en trouve modifiée et améliorée, cette recherche thermique objective la nature compressive et résolutoire de certains troubles fonctionnels. D'autres expériences seront nécessaires pour confirmer cette première recherche, établir de nouvelles pistes et proposer des solutions à plusieurs pathologies médicales.

¹ Andrew Taylor STILL, *Autobiography*, Vannes: Sully, 1908.

"Le rôle de l'artère est suprême" Andrew Taylor Still le concepteur de l'Ostéopathie l'avait annoncé voici plus de cent ans^{1,2}, cet héritage culturel a guidé nos études et notre pratique d'ostéopathe. Il avait sans doute mis le doigt sur une notion essentielle pour l'équilibre tissulaire et l'homéostasie puisque son discours a su traverser des générations de praticiens avant nous et qu'elle est toujours d'actualité. Mais alors, quel est ce rôle suprême attribué à cette artère? Que se passe-t-il lors d'un dysfonctionnement pour justifier d'une telle qualification? L'artère conduit le sang depuis le cœur jusque dans nos organes, nos viscères, nos muscles et tous les autres tissus du corps afin de les vasculariser, les colorer, les nourrir et les réchauffer. Le corps en état de santé peut alors bouger, fonctionner.

Supposons que le sang circule bien, la peau est bien vascularisée, colorée et chaude, quand le sang ne circule pas bien, on peut supposer l'inverse: la peau est moins bien vascularisée, moins colorée et moins chaude^{3,4}. On peut être tenté de faire le rapprochement avec ce qui se passe en cas de traumatisme et tout autre type de dysfonctionnement tissulaire, quand une énergie extérieure cinétique ou véhiculée par un quelconque stressor rencontre le corps^{5,7,18}. Quand le patient arrive avec ce qu'il appelle un « blocage » et que nous appelons académiquement un « dysfonctionnement de la micro mobilité des tissus du corps, qui entraîne des troubles fonctionnels pouvant perturber l'état de santé »^{6,14}, il n'est pas rare qu'il évoque des éléments liés à la température: " *J'ai mal au cou, j'ai du prendre un coup de froid*", " *J'ai moins mal quand c'est chaud...*" ou bien " *J'ai une sensation de brûlure dans l'épaule ...*". Les exemples sont nombreux^{8,9} et tout le monde l'a certainement aussi une fois ressenti sur lui.

La science aujourd'hui et les moyens techniques performants qui explorent la santé de l'humain, à la recherche d'informations toujours plus précises: IRM, scanners, Angiographies, EEG... permettent de percer des secrets cachés dans la matière et nous autorisent à formuler toujours de nouvelles hypothèses concernant la physiologie du corps^{10,11}.

Quand le corps émet de la chaleur on appelle cela le rayonnement thermique et son efficacité à émettre ce rayonnement dans le secteur infrarouge du spectre des ondes électromagnétiques s'appelle l'émissivité^{13,19}. On peut enregistrer avec une caméra thermique radiométrique cette température de surface, lors d'un dysfonctionnement tissulaire; on peut supposer que la modification de pression exercée sur ces tissus va modifier l'apport vasculaire, modifier son rayonnement: on peut alors envisager une variation de la température à cet endroit, à proximité, voir même à distance de la lésion. L'ostéopathe perçoit des informations^{14,15,29-31,33}, elles indiquent parfois des zones non signalées par le patient mais ce qui est perçu empiriquement peut être mesuré et filmé par radiométrie infrarouge permettant de visualiser les actions en cours et leurs effets ainsi que des analyses ultérieures^{12,13}.

Peut-on utiliser l'analyse des températures de surface du corps et leurs évolutions pour établir un diagnostic? Pour suivre les effets d'un traitement? Nous entreprenons une étude sur la relation entre le traitement effectué à un moment précis et la réaction thermique immédiate observée sur le corps au même moment, grâce à l'analyse et l'enregistrement par images d'une caméra thermographique à infrarouge capable de numériser des informations radiométriques.

Étude thermographique réalisée sur l'année 2008/2009 avec 115 patients.

METHODOLOGIE

1 équipement

Nous avons utilisé une caméra Thermovision A 320 de Flir Systems avec le logiciel Researcher™ équipé d'un matériel résolution thermique précise au 8 centième de degré centigrade: 0,08°Celsius soit 80mK (milliKelvin) avec détecteurs thermiques non refroidis.

Nous avons aussi été autorisé à filmer avec la caméra IR QWIP de Thalès Systems, équipée de détecteurs quantiques à refroidisseur liquide avec une résolution thermique au 1 centième de degré centigrade: 0,01°Celsius/10 mK.

Nous nous sommes également entourés de professionnels de la thermographie: Monsieur Billardello A. (Responsable Activité Scientifique et Automation de la Société Flir system, Paris) et Monsieur Robo J.A. (Ingénieur en Thermographie du Laboratoire de Recherche Physique Thalès France, Palaiseau.)

2 physique de thermographie infrarouge

La lumière infrarouge occupe une partie du spectre électromagnétique^{12,13,18-21} (Fig.1.a,b,c), nos yeux sont des détecteurs destinés à capter la lumière visible, il existe d'autres formes de lumière (ou rayonnements) invisibles à l'œil, ce dernier est sensible à une petite partie du spectre électromagnétique. À l'une des extrémités du spectre, la lumière ultraviolette nous est invisible ainsi que les rayons gamma et RX, de même, à l'autre extrémité nos yeux ne voient pas la lumière infrarouge, ni les ondes radios et les micro ondes. La source principale de rayonnement infrarouge est la chaleur ou rayonnement thermique. Tout objet dont la température est supérieure au « zéro absolu: -273,15°Celsius » ou 0 kelvin émet un rayonnement dans la bande infrarouge, même les objets que nous percevons comme très froids, les glaçons par exemple, l'émettent. Ce rayonnement infrarouge fait partie de la vie de tous les jours: nous le percevons sous forme de chaleur en provenance soleil, d'un feu ou d'un radiateur¹⁹.

Bien qu'il soit invisible à nos yeux, les nerfs de notre peau détectent ce rayonnement infrarouge comme la chaleur. Notre peau possède de nombreux capteurs sensibles à la pression, aux vibrations, au mouvement, à la douleur et à la chaleur. Pour tester la sensibilité thermique au chaud et au froid d'un patient en médecine, on utilise l'examen des éprouvettes que l'on touche avec la peau et que l'on contrôle à l'aide d'un thermomètre. Dans la majorité des cas, le test est normal si le patient identifie comme chaud, l'éprouvette à 35°C-36°C et comme froid l'éprouvette à 28°-32°C. Entre les deux, la plupart des personnes peuvent distinguer des différences de température de 1 degré⁷. **3**

Les voies neurologiques spinothalamiques véhiculent les informations captées par les thermorécepteurs de notre main déterminés à identifier le chaud et le froid. Plus l'objet est chaud plus la quantité de rayonnement est importante. Ce qui distingue tous ces rayonnements est leur longueur d'onde, celle de l'IR est plus courte que celle de la lumière visible. La loi du rayonnement^{13,19} émise par Max Plank en 1900 signifie que plus un corps est chaud, plus son rayonnement est important et plus le pic d'intensité se déplace vers les longueurs d'ondes courtes. La courbe à 37°C est la température interne normale du corps humain: le rayonnement maximum est à 9,3 micromètres, il faut une caméra IR pour le voir (Fig 2): et seule la bande de 8 à 12 micromètres nous intéresse.(Fig.1.b)

3 caméra thermique infrarouge radiométrique

L'énergie infrarouge provenant du corps du patient est focalisée par l'optique sur un détecteur IR (infrarouge). Ce détecteur envoie les informations à la partie électronique du capteur chargée du traitement d'image afin de les convertir en une image qui est ainsi transmise par un câblage giga-ethernet jusqu'à l'ordinateur posé sur le bureau (Fig.3.a). La thermographie IR consiste à transformer une image IR en une image radiométrique, qui permet la lecture des valeurs de température à distance, en direct, en temps réel, sans contact, et sur les corps en mouvements. Pour cela la caméra comporte des algorithmes complexes permettant d'obtenir des thermogrammes (Fig.3.b).

Ces images thermiques permettent d'apporter des mesures précises de températures et de détecter les différences les plus faibles sur les corps humains avec l'avantage d'être une méthode non invasive pour notre examen en cours au cabinet d'ostéopathie: aucun rayonnement n'affecte le patient c'est le patient qui émet de la chaleur. L'ensemble est entièrement commandé par l'ordinateur (Fig. 3.c) et seul le déplacement de la caméra en direction du patient est manuelle. Les images mémorisées sont converties en différents formats (format jpg, csv, mat, bmp...). La mesure, la surveillance et l'analyse des données sont autorisées par l'intégration des protocoles du logiciel ThermoCam Researcher™ qui une fois installé sur Windows permet la mise au point des enregistrements grâce à des fonctions numériques capables de lire des températures telles que: isotherme, mesures en un point, profil d'une ligne, histogramme, soustraction et sélection d'image, changement de palette thermique et zooms numériques. Les images sont ensuite stockées dans la mémoire de l'ordinateur grâce au logiciel de programmation Xnview, sauvegardées sur disquettes et sur disque dur externe(Fig.3.d)

4. Applications Biomédicales de la Thermographie Infrarouge Radiométrique

Si le premier secteur d'application de la thermographie fut la surveillance d'objectifs militaires puis la maintenance des installations électriques en BTP, la production d'images infrarouges dans le domaine biomédical, ou thermogrammes, au moyen d'une caméra infrarouge connaît un développement important depuis une dizaine d'années.

FlirSystems : constructeur mondial de caméra infra rouge; le fabricant est déjà impliqué dans la recherche sur la Santé et a remporté l'appel d'offre lancé par la Direction Générale de la Santé en 2003 pour livrer aux Autorités Françaises des caméras dédiées à la mesure de la température sur le corps humain. Elles seront utilisées pour la surveillance des passagers en transit dans les aéroports lors de l'épidémie de la grippe Aviaire (H5N1)¹⁶; elles fonctionnent également pour le virus de la grippe A (H1N1).

Thalès Systems: Service de Recherche et Développement pour le Ministère de la Défense. Cette caméra est aujourd'hui utilisée dans le secteur de recherche médicale pour la prévention du cancer du sein en partenariat avec certains hôpitaux pilotes (Institut Curie, Hôpital Saint Louis). Ses autres principales applications couvrent le domaine de la défense (militaires, sécurité, ...) applications aéronautiques (aide atterrissage), applications industrielles (contrôle non destructif).

Les applications biomédicales couvrent également d'autres secteurs: Détermination de la température du corps humain en surveillant une fièvre, une inflammation, une infection^{4,17,19}(SARS/Syndrome Aigu Respiratoire Sévère),un stress¹⁸; Détection précoce du cancer du sein¹³ et de la peau²⁰; Gestion de la douleur; Évaluation de la profondeur d'une ulcération, d'une greffe de peau ou d'une brûlure; Recherche en biologie moléculaire²¹; Evaluation des effets du téléphone portable²²; Chirurgie à cœur ouvert et outil de « navigation » en chirurgie orthopédique assistée par ordinateur pour pose de prothèse de genou et de hanche²³, Protocole d'évaluation en Acupuncture²⁴... et intéresse également d'autres spécialités comme la détection d'inflammation dans le domaine hippique par les Services Vétérinaires²⁵.

5. Protocole de Recherche Infrarouge Annecy 2008/2009

1/ Séquences: Les images radiométrées sont enregistrées sur deux périodes d'études: Séquence 1: du 5 au 20 mars 2008, et Séquence 2: du 13 au 25 août 2008/ Total :115 patients. Les mesures sont enregistrées en degrés Celsius °C. Durée d'une séance avec un patient: 45 minutes à 1heure. Durée du traitement ostéopathique: 30 minutes moyenne.

Lieu d'étude: principalement au Centre Médical et Paramédical 24 rue Henry Bordeaux 74000 Annecy et secondairement au Centre de recherche Thalès à Palaiseau. et au Centre technique Flir à Issy les Moulineaux, France.

2/ Plusieurs actions sont programmées:

2.A/ L'étude est menée de façon à permettre ultérieurement: analyses, contrôles, critiques, nouvelles hypothèses et nouvelles expériences. Nous avons filmé avant, pendant et après traitement puis commenté à haute voix les actions et /ou les perceptions importantes qui sont notées, compulsées ultérieurement avec les plus anciennes. Les films

sont montrés aux patients et nous enregistrons les réponses et le dialogue, en fonction de l'adéquation ou de la non adéquation avec nos perceptions antérieures. L'analyse ultérieure de tous nos changements de perceptions et d'interprétations reste un bon terreau pour renforcer notre prudence à l'égard de nos certitudes²⁶⁻²⁸ ; débriefing en fin de journée: analyse et critique pour le lendemain.

2.B/ Examen: filmer l'endroit douloureux décrit par le patient + filmer la zone de blocage trouvée par l'ostéopathe: ces 2 zones peuvent être les mêmes.

2.C/ Diagnostic et traitement: filmer le thérapeute: ses mains /au début du traitement et filmer le patient: debout /de face /de dos +assis +couché dos et procubitus /avant pendant et après le traitement.

2.D/ Pathologies ciblées :nous avons choisi des patients selon 3 types de références:

1/MEMBRE SUPERIEUR mots clés: épaule, coude, main, doigts / entorse, tendinite, élancement, déchirure / blocage, faux mouvement, traumatologie, inflammation, troubles neuromusculaires, sensitifs, vasculaires, maladie de Raynaud et INFÉRIEUR: orteils, cheville, genou, hanche /idem. 2/DOS mots clé: lombalgie, lumbago, sciatique, cervicalgie, dorsalgie. 3/CRANIEN traumatisme, cranioplogie du nourrisson, otites, sinusite.

6. expérimentation et analyse

1/ Enregistrements tests préalables

Enregistrements thermiques d'une compression tissulaire artificielle:

avant de passer à l'étude avec des patients, nous avons réalisé une compression mécanique sur nous même.

1.A / Avec compression du pouce

En spectre visible (Fig.4.a): on comprime la paume fermement, on observe immédiatement une zone de blancheur en aval du barrage vasculaire correspondant à un manque d'apport de sang: artériel essentiellement(Fig.4.b).

En observation infrarouge (Fig.4.c): la zone concernée et la région digitale dépendante baissent de température, la peau refroidit.(Fig.4.d)

1.B / Compression tissulaire par élastique au niveau des 4ème et 5ème doigts(Fig.5.a) puis suppression de la compression: Vue palmaire d'une compression prolongée dans le temps en utilisant un élastique cerclant les deux derniers doigts de la main droite.

Après 8 minutes de compression tissulaire: (Fig.5.b) abaissement de 10°C par rapport à l'image thermique initiale; quand on supprime l'obstacle tissulaire (rupture de l'élastique Fig.5.c) on note la restitution vasculaire et thermique: augmentation de 11°C au niveau de la zone pré-contrainte digitale. En fait toute la main participe à la modification et à l'adaptation thermique suite à la levée du barrage: il y a même hyperhémie au niveau de la zone précontrainte (Fig.5.d) ; il faudra attendre plus d'une minute et demi pour voir la normalisation vasculaire et thermique apparaître au niveau de la main.(Fig.5.e)

2 / Analyse de deux types de dysfonctionnements via uneThermovision A320

2.A / Traumatisme des poignets

Patiente, 37 ans, avec traumatisme des 2 poignets, en passage de grade art martiaux datant de plus de 2 mois et traité par anti-inflammatoire en post traumatique immédiat;. On note les différences de températures entre la main du praticien supposée "saine: beaucoup plus chaude" (Fig.6.a) et la main droite de la patiente ayant subi un traumatisme externe a type de compression torsion (Fig.6 b) : gradient de refroidissement plus important depuis le poignet vers la partie digitale. La prise en charge de la patiente au début du soin montre plus précisément ces variations thermiques(Fig.6 c).

La patiente présente une double compression traumatique des mains avant le traitement ostéopathique(Fig.7a) .

Les mains du praticien (Fig7.b) s'approchant de la lésion du poignet de la patiente: Les analyses numériques en radiométrie permettent de préciser la température d'un point particulier ; on peut noter la différence de rayonnement thermique entre les deux mains avant le traitement :

spot 1 = 21,5 °C spot 2 = 35,2 °C. Le différentiel thermique affiche 13,7 °C.

TRAITEMENT: l' ostéopathe pratique un traitement (=Ttt) global: vertébral, périphérique, crânien et viscéral. Quelques manœuvres du soin(Fig.8.a,b,c,d). Sur les images , on peut évaluer les comparatifs thermiques en caméra Infrarouge radiométrique Avant (Fig 9.a,c) et Après traitement ostéopathique (Fig 9.b,d). La levée des dysfonctionnements tissulaires permet une revascularisation immédiate après le traitement: les valeurs thermiques vont passer de 21,5°C à 34,5°C= spot 1 soit un différentiel thermique de +13,0°C .(Fig 9d)

L' analyse radiométrique de l'enregistrement (Fig 10)doit tenir compte de nombreux facteurs d'ajustements numériques comme l'émissivité du corps humain (Emissivité du corps humain= 0,98 micromètres), l'hygrométrie ,la distance focale du sujet, la température de l'air pièce..

2.B/ Traumatisme et Inflammation (Fig11)

L'image montre une inflammation digitale post traumatique (doigt entrainé et coincé par la toupie d'une fraiseuse); l'inflammation de l'index est caractérisée par une augmentation de la chaleur locale +rougeur+tuméfaction+douleur.

Les lésions inflammatoires font partie des dysfonctionnements tissulaires; le traitement anti inflammatoire per os est commencé et suffisant; aucun test ostéopathique n'autorise de traitement local ou général pour le moment. La correction ostéopathique aura lieu un mois plus tard; la priorité réparatrice est la gestion de l'inflammation.

RESULTATS

Nous avons réparti les images de dysfonctions corporelles selon 4 secteurs anatomiques: vertébral, périphérique

(membre supérieur / inférieur), crânien, viscéral. Les contraintes tissulaires identifiées dans ces secteurs sont de deux natures: extrinsèque (énergie cinétique provenant d'un agent extérieur à la rencontre du corps), intrinsèque (perturbation mécanique interne générée par le corps: le stress par exemple). Les analyses radiométriques ont mis en évidence des modifications thermiques immédiates de +2°C jusqu'à + 5°C de façon générale et pouvant atteindre jusqu'à +13,0°C après une séance d'ostéopathie.

La réponse radiométrique est plus importante dans les régions proches des gros axes vasculaires veineux et artériels : région sus claviculaire, la loge viscérale du cou, le visage, région inguinale, zones para vertébrales, la main, le pied . Nous avons mis en évidence trois types de dysfonctionnements :

* **la "compression"** décrite par le patient comme un "blocage " tissulaire entraine un refroidissement des tissus a proximité et même à distance; le patient dit être soulagé par la chaleur. Ce type de dysfonctionnement représente 95% des cas traités par ostéopathie.

* **la lésion "inflammatoire"** associe un excès de chaleur à la rougeur, douleur et tuméfaction des tissus: c'est aussi bien visible en IR et pour laquelle le traitement ostéopathique n'a pas été la solution de résolution mais bien le traitement médical anti-inflammatoire. L'action "anti " inflammatoire" prend ici toute sa vraie nature en calmant l'excès de chaud au même titre que le froid et la glace. La complémentarité des traitements médicaux et ostéopathiques trouvent ici toute leur utilité. L'ostéopathe peut intervenir après la phase inflammatoire, cela représente 1 % des cas traités.

* **des lésions associent "compression et inflammation"** sur un même site lésionnel et représente 4 % des cas traités; le traitement décompressant est efficace et réduit d'emblée le processus inflammatoire.

Une compression tissulaire exerce une pression sur la peau, les muscles, les viscères, les organes, les nerfs et les vaisseaux de proximité. Les pathologies les plus facilement identifiables en radiothermie IR applicables à l'ostéopathie durant cette pré-étude concernent :

le secteur périphérique : les troubles circulatoires des membres inférieurs et supérieur; maladie de Raynaud , refroidissement des extrémités ; les troubles neurologiques (canal carpien, algo- neuro- dystrophie) et traumatismes de cheville, poignet, doigt, tendinite, gonalgie;

le secteur crânien : les lésions ORL : compression de la cloison nasale, du sinus maxillaire, rhinite allergique, sinusite, céphalée; migraine et algie vasculaire de la face; Détection d'une infection virale dans le cadre de la grippe . L'imagerie infrarouge du crâne du nouveau né permet l'observation de la suture sagittale; on peut envisager la surveillance d'un traitement de cranioplagie²⁹, le dépistage d'une craniosténose évaluer l'évolution d'un hématome du cuir chevelu et sa température par lecture thermique .

Le secteur vertébral: lombalgie, dorsalgie, neuropathie des membres inférieurs, Névralgie cervico brachiale, hernie discale cervicale, paralysie sciatique poplitée, **et neurologique central**: ischémie cérébrale, IMOC.

le secteur viscéral : dysfonction duodénale, intestinale³⁰, neurovégétative par compression du Nerf Vague.

Le traitement ostéopathique réalisé pour chaque patient est global: crânien, vertébral, viscéral et périphérique, et les techniques utilisées sont fonctionnelles ou directes. Le lien mécanique qui unit ces structures entre elles leur permettant d'inter-réagir sont les fascias³¹: membranes, mésos, aponévroses, ligaments.

DISCUSSION

La circulation sanguine est essentielle pour l'homme. Son dysfonctionnement, qu'il soit cause ou conséquence d'une pathologie, l'accompagne à coup sûr; deux caractéristiques de la circulation sanguine sont perceptibles: **la température et la coloration des tissus irrigués**. Nous avons retenu ces paramètres pour affiner la perception de dysfonctionnement, soit leur apparition, leur présence, soit leur atténuation ou leur suppression.

Une séance d'ostéopathie sous contrôle thermographique par patient a permis de mettre en évidence des **variations thermiques immédiates**. Il s'agit essentiellement d'hypothermie locale et superficielle (dos, cou, main, abdomen, pied, cuisse ...) qui une fois la barrière traumatique levée retrouve un accroissement du débit sanguin qui entraine à son tour une augmentation du débit de chaleur transportée.

L'ostéopathie a cette particularité d'apporter des effets immédiats; certains traumatismes ont laissé une empreinte cinétique dans les tissus soit localement, par choc direct, soit par accumulation de tensions parfois situées loin de la zone à traiter. En effet il est fréquent que l'ostéopathe ait à **traiter une zone de tension non décrite** par le patient.

Les activités physiques (activité ou repos) **et climatiques** (canicule ou grand froid) modifient les valeurs thermiques d'un individu ainsi que certaines pathologies endocriniennes, vasculaires, neuromusculaires ... ; nous en avons tenu compte autant que possible pour cette recherche et cela a éveillé notre attention pour certaines de ces maladies.

La plupart des études réalisées à partir d'une caméra IR radiométrique ont cherché à mettre en évidence des **zones lésionnelles dues à l'excès de chaleur**^{12,16-19,22,25}. Nous avons surtout été attiré dans l'autre direction et afin de mieux comprendre la chaleur physiologique, nous sommes partis à la "conquête du froid intérieur", piéger les dysfonctions compressives et vasculaires engendrant une baisse de la température cutanée.

On connaît la température interne du corps mais quand on pose la question: « **connaissez vous la température externe du corps humain ?** », les réponses sont souvent hésitantes, même chez les thérapeutes et effectivement rien n'est simple puisque cette température n'est pas homogène sur toute la surface du corps pour un sujet qui serait seulement au repos. L'Homme est un mammifère au **sang chaud et un homéotherme**^{3,4} capable de maintenir la température interne de son corps la plus proche du noyau central: 36,9°C. On connaît mieux ce qui favorise la 6

moins bonne vascularisation des tissus: tabac, alcool, artérite, l'excès de cholestérol, le diabète, un sepsis, le froid,...le Stress générateur essentiel de résistances périphériques. Les régions adipeuses freinent également le rayonnement thermique. Cependant l'observation clinique fournie par la caméra détermine une zone stable pour la lecture thermique du corps au même titre que celle du conduit auditif externe: **le coin interne de l'œil** Cette méthodologie a été appliquée pour la détection des personnes fiévreuses en transit aux seins des aéroports. La valeur radiométrique IR de base corporelle est établie à 35,9°C. Le seuil d'un degré(+0,903°C arrondi à +1°C) au dessus de la valeur de base est recommandée par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé). La valeur seuil a donc été fixée à 36,9°C; Praticien de contact et souvent de première intention, l'ostéopathe va devoir différencier certaines atteintes virales graves d'une dysfonction ORL de moindre importance. L'accumulation des lésions de compression va favoriser la mauvaise vascularisation d'un terrain et ainsi favoriser le développement microbien.

En général, il existe de **telles variations du flux vasculaire et thermique** pendant et après une séance d'ostéopathie, que c'est probablement une des raisons qui coïncide avec la fatigue physiologique ressentie par le patient dans la journée et souvent les quelques jours suivant la séance.

Certains examen médicaux comme la radiographie sont parfois proscrits à cause d'irradiations non recommandées, c'est le cas pour les femmes enceintes, ou les nourrissons: l'avantage de la radiométrie IR est d'objectiver sans contrainte, avec une lecture directe, une manifestation thermique externe d'un conflit interne. Il y a seulement dix ans cela n'aurait pas pu être possible du fait de la technologie pas suffisamment précise; c'est ainsi qu'aujourd'hui les examens de mammographies en remplacement des Rayons X sont à nouveau proposés dans certains hôpitaux pour le dépistage du cancer du sein. L'examen du sein fait également partie des zones de palpation de l'ostéopathe et il doit pouvoir différencier une dysfonction tissulaire d'une éventuelle lésion nécessitant une orientation clinique.

L'observation radiométrique va également permettre de découvrir **des images de dysfonctions non ciblées** au préalable et conforter l'ostéopathe dans son approche technique pour le diagnostic. On enregistre également des images radiométriques en désaccord avec certaines perceptions du sujet. **L'équilibre postural** dépend de la mobilité des différents planchers du corps: orbitaire, buccal, pelvien et podal; alors que "l'organe", l'œil par exemple, est bien corrigé par le verre correcteur, il convient alors de vérifier si "le corps" est en mesure de s'adapter facilement aux corrections focales comme le port des lunettes.

Un traitement 'anti-' inflammatoire' a pour but d'apporter une baisse de l'inflammation, donc d'agir sur un tissu ayant un excès de 'chaud', au même titre que le froid ou la glace, afin de ramener la température d'une région anatomique vers des valeurs conventionnelles de la physiologie; dans ce cas le patient affirme être soulagé par le froid. D'un autre côté un traitement décontractant musculaire a pour rôle d'améliorer la vascularisation d'une région anatomique soumise à une contrainte, donc de favoriser le drainage et l'apport de chaleur dans cette zone, et le patient confirme être soulagé par une source de chaleur. On comprend mieux qu'une lésion de compression ne soit pas traitée par anti inflammatoire; cela viendrait en contradiction avec l'image radiométrique; l'imagerie IR va permettre de mieux comprendre les échanges thermiques tissulaires et probablement nous aider à ajuster certains traitements.

« **J'ai pris un coup de froid** »... « je me sens mieux dans la journée quand c'est chaud », « j'ai d'avantage mal quand c'est humide », le langage populaire déborde de phrases de ce genre et décrit une véritable réalité que tant à confirmer la radiométrie; l'observation en caméra thermique montre qu'une goutte d'eau de pluie simplement sur la peau fait très vite baisser la température de celle-ci de plusieurs degrés; ainsi l'humidité fait monter le taux d'hygrométrie et donc le refroidissement apparaît. Les douleurs articulaires rhumatismales arthrosiques sont alors plus présentes l'automne et l'hiver. De même le sportif après la course, qui aura bien transpiré pour évacuer l'excès de chaleur corporelle, devra changer de vêtement afin que cette humidité du vêtement dans un second temps ne lui fasse baisser sa température: c'est le coup de froid après l'effort.

On explique souvent aux étudiants ostéopathes que les tests ostéopathiques correspondent déjà à un début de traitement; l'image radiométrique explique ce **transfert de chaleur** entre le praticien et le patient : échange thermique à la recherche d'un équilibre.

Au moment où l'équilibre thermique de la planète interroge les climatologues et responsabilise le monde humain en général, il serait probablement intéressant de dresser une Cartographie Corporelle Thermique et Physiologique de Surface sous forme de Référentiel et d'y associer pour cette recherche plusieurs Écoles d'Ostéopathie à travers le monde: Europe, Canada ...

Un élément inattendu s'est produit au cours de cette recherche : Il n'y a pas que le patient qui ait été filmé pendant ces mesures radiométriques, le praticien aussi. Si le corps est composé en grande partie d'eau, la bonne fluidité des tissus³² recherchée en ostéopathie représente un garant de la bonne fonctionnalité du corps humain³³, et donc de la bonne émissivité de chaleur par le flux sanguin. De toute évidence, pour un thérapeute manuel, il est tentant de présenter sa main devant un objectif de caméra infra rouge, mais ce n'est pas un geste totalement anodin car au-delà de la simple expérimentation, cela devient vite une évaluation personnelle.

Au cours de notre étude, nous avons identifié par test thermique manuel chez les patients, des dysfonctions tissulaires enregistrées avec la caméra infrarouge sensible à 0,01°C ; alors que la sensibilité tactile au chaud et au froid d'un sujet en général⁷ est de 1°C entre 28°C et 32°C, se pourrait-il que l'on puisse développer et apprécier les propres capacités tactiles d'un ostéopathe, jusqu'au point d'atteindre une **différenciation lésionnelle à 0,01°C**, voire au-delà?

« **Guerre froide ou accueil chaleureux** »: Nous sommes tous des sujets stressants et stressables,

et donc en mesure de transmettre ce stress sous forme de pression, or on qualifie souvent les situations et les individus selon les notions thermiques qui accompagnent leurs tensions; pourrait il y avoir une raison pour qu' on ne retrouve pas de dysfonction chez une personne, autant en test manuel qu'en observation radiométrique?.

Le coté objectif de l'image thérapeutique infra rouge va certainement dans ces prochaines années servir d'élément **médicolégal** pour certains rapports d' accidents, les litiges dans l'assurance et les accidents du travail; la place de l'ostéopathe, son diagnostic et son traitement ainsi que l'image en thermovision prendront alors probablement une dimension d'arbitrage thérapeutique.

Il est fréquent qu'à la fin d'une séance, le patient parle de sensation thermique modifiée; **l'aspect sensitif du patient est ainsi valorisé par l'objectivité de l'image radiothermique** qui confirme la description de son mal et **la qualité de sa perception**. Nous aussi, en pratique ostéopathique nous nous fions beaucoup à nos capacités de sensibilité, et il est peu aisé d'objectiver ces perceptions, par contre **nous pouvons maintenant visualiser et quantifier les effets de notre action de façon radiométrique**. L'objectivation des effets thermiques permet de contrôler s'ils correspondent aux effets physiologiques attendus.

CONCLUSION

Andrew Taylor Still avait certainement raison concernant le rôle suprême de l'artère: au service de l'ostéopathie la caméra thermique ouvre des possibilités de recherche importante et offre l'avantage de voir ce qui est invisible. Nous savons que nous sommes efficaces dans beaucoup de cas; nous avons des idées sur ce qui se passe en ayant encore beaucoup à découvrir sur « comment ça fonctionne » :des phénomènes thermiques immédiats et chiffrables à la surface du corps sont observables par une caméra thermique radiométrique suite au traitement ostéopathique, les manœuvres ostéopathiques ont une influence sur les compressions vasculaires, artérielles et veineuses liées à des dysfonctions tissulaires bien précises et leur retentissement positif sur l'hémo-dynamisme. La qualité biomécanique musculaire et articulaire s'en trouve modifiée et améliorée de façon naturelle. Cette recherche thermique objective la nature compressive et inflammatoire de certains troubles fonctionnels; le corps est capable de modifications surprenantes en matière de résolutions et d'adaptation. D'autres expériences seront nécessaires, certaines sont déjà en cours, pour confirmer cette première recherche, établir de nouvelles pistes et envisager des solutions à des pathologies médicales connues ou moins connues.

« The rule of artery and vein is universal in all living beings, and the Osteopath must know that, and abide by its rulings, or he will not succeed as a healer. » .STILL A T : *Philosophy and Mechanical Principles of Osteopathy*. (1899) p. 153.

Remerciements Nous remercions la Société Flir System France et la Société Thalès System France pour avoir soutenu ce projet d'étude et assuré la logistique matérielle et professionnelle.

Bibliographie

1. STILL A T. *Autobiographie*. Vannes: Sully, 1998.
2. STILL A T. *Philosophy and Mechanical Principles of Osteopathy*. Vannes: Sully, 1999.
3. PETERSDORF RG. Hypothermie et hyperthermie. *Principes de Médecine Interne, Harrison T R* 1992;N° 2;2194-200.
- 4 . ROOT RK, PETERSDORF GR. Frissons et fièvres, Anomalie de la température corporelle. *Principes de Médecine Interne, Harrison T R* 1992;N° 2;125-33.
- 5 . SILBERNACH.S, DESPOPOULOS.A. *Atlas de physiologie*. Paris: Flammarion Médecine,1989.
- 6 . REGISTRE DES OSTEOPATHES DE FRANCE. *L'ostéopathie selon le Registre des Ostéopathes de France*. Mérignac: ROF Secrétariat Général, 2009.
- 7 . ASBURY A K. Engourdissements, paresthésies et perte de la sensibilité, *Principes de Médecine Interne, Harrison T R* 1992;N°1;176-80.
- 8 . VINCENT D. *Voyage extraordinaire au centre du cerveau*. Paris: Odile Jacob Sciences, 2007.
- 9 . BARIETY M, BONNOT R, BARIETY J. *Sémiologie médicale*. Paris: Masson,1990.
- 10 . CHIAPPA K, SHAHANI B, MARTIN JB. Examens paracliniques en Neurologie. *Principes de Médecine Interne, Harrison T R* 1992: N° 2; 1963-7.
11. DANIELS GH, MARTIN JB. Contrôle neuro endocrinien et pathologie de l'antéhypophyse et de l'hypothalamus. *Principes de Médecine Interne, Harrison T R* 1992: N° 2;1655-79.
- 12 . FLIR France. *Document de Travail non confidentiel Caméras Flir Systems dédiées aux applications médicales*. Issy-Les-Moulineaux: Division Thermographie Flir France;2009. .
- 13 . THALES France. *Prévention du cancer du sein et Caméra IR QWIP*. Palaiseau: THALES System; 2008.
- 14 . JAVERLIAT P. *Précis de matière ostéopathique*. Vannes: Sully, 2008.
- 15 . ZEGARRA-PARODI R, DE CHAUVIGNY DE BLOT P, RENARD O. Cranial palpation pressures used by osteopathy student: effects of standardized protocol training. *The Journal of the American Osteopathic Association*, 2009;109;79-85.
16. TRUNZO T. *French Ministry of Health and Major US Manufacturing, FLIR Systems, Products Used To Help Combat Avian Flu*. Portland: Flir Systems; 2006.
- 17 . FLIR Systems. *Infrared* Issy les Moulineaux: www.flir.com.
- 18 . OHLIGER A. *Can Ergonomic Stress Be Measured Using Thermography?*, ASNT Level III Thermographer 107429t, Inframation, 2006.

19. BILLARDELLO A. *Mesure de la Température du Corps Humain par Thermographie Infrarouge*. Issy les Moulineaux: Flir Systems France. 2006.
20. RODERICK A. *Thermography in dermatology*. UK: Faculty of Applied Design and Engineering; 2006.
21. EMCHANDRA M. *Near Infrared Imaging Using State-of-the Art Cameras and Wavelet Transform Tracker for Embryonic Stem Cell Identification*. University of Hartford: Inframation; 2006.
22. KARGEL C. *Local Temperature Rises Caused by the Use of Commercial Mobile Phones*. Carinthia Tech Institute: Division of Medical Information Technology, University of Applied Sciences, InfraMation ; 2004.
23. JACQUOT N. Prothèse Totale de Hanche: Chirurgie assistée par Ordinateur. *IM2S NEWS* 2008: N°10;3.
24. NARUNGPUNT V, ALIMI D. La symétrie d'un méridien d'acupuncture traditionnelle chinoise par visualisation thermographique IR. *Chinese Acupuncture et moxibution* 2006:5.
25. FLIR. *Application de la thermographie infra rouge pour vétérinaire*. Issy les Moulineaux: www.flir.com.
26. CHARPAK G. *Enfants, Chercheurs et Citoyens*. Paris: Odile Jacob, 1998.
27. COCKBURN W.Dr DC. *Common Errors and Omissions in Medical Thermal Imaging*. Los Angeles: Medical Thermal Imaging Inframation; 2006.
28. DE GENNES P.G. *Gouttes, bulles, perles et ondes*. Paris: Belin, 2002.
29. LALAUZE-POL R.. *Le Crane du Nouveau Né, tome1*. Aubenas: Sauramps Medical, 2003.
30. BARRAL JP. *Manipulations viscérales 2*. Paris: Maloine Ortomédic, 1987.
31. PAOLETTI S. *Les Fascias*. Vannes: Sully, 1998.
32. SCHWENK T. *Le Chaos Sensible*. Paris: Triades, 2° Edition française, 1982.
33. TRICOT P. *Approche tissulaire de l'ostéopathie, praticien de la conscience*. Vannes: Sully volume 2, 2005.

©crédit des photos:

Figures Page 1, et Fig 3c, 4c, 4d, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, : ANDREANI P. by Thermacam Flir A 320. -- Figures 3a, b, d, 4a, b: ANDREANI P. by Canon PowerShot A630 -- Figures 1a, b, 2: Document Flirsystem Video CD -Rom. .

« La loi de l'artère et de la veine est universelle chez tous les êtres vivants et l'ostéopathe doit connaître cela et se soumettre à sa souveraineté, sinon, il ne réussira pas en tant que guérisseur. » STILL A.T. *Philosophy and Mechanical Principles of Osteopathy*, 1899, chapitre 9 The Blood, p. 153.

9

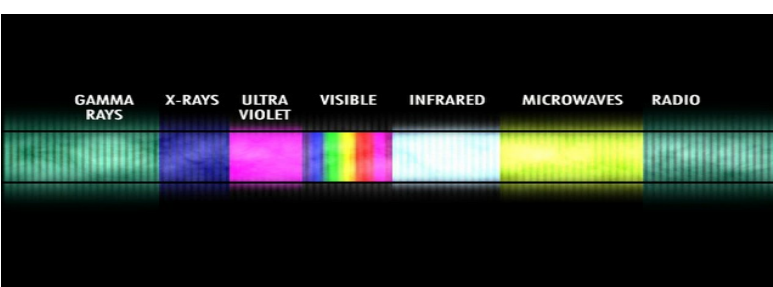


Fig.1.a : Spectre électromagnétique

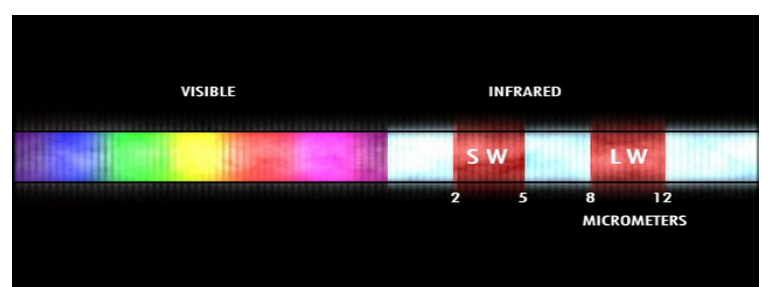


Fig.1.b. La bande thermique Infrarouge de 8 à 12 micromètres est utilisée pour cette recherche biomédicale.

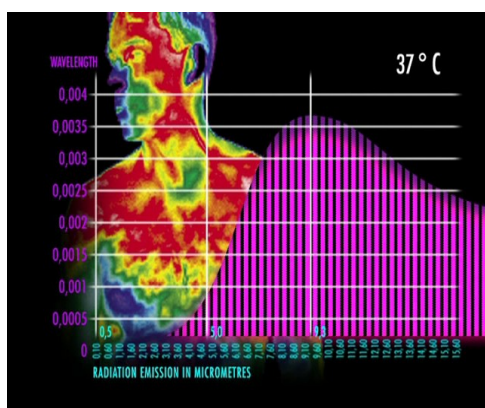


Fig.2: courbe de d'émissivité infra rouge du corps humain.

$\lambda_m = 9,3$ micromètres



Fig 1c: spectre des ondes électromagnétiques

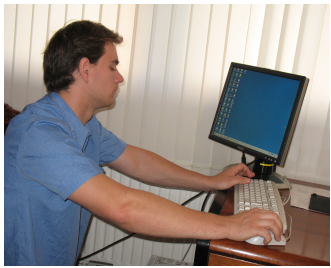


Fig.3.a: Ingénieur en thermographie aux commandes numériques par ordinateur en salle de soin.



Fig.3.b: Camera Thermovision A 320 Flir en salle de soin.

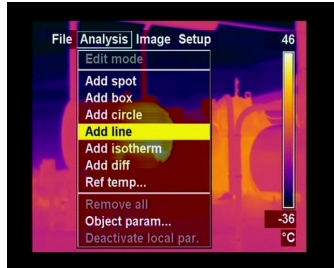


Fig.3.c: Algorithmes du logiciel Researcher™.



Fig.3.d: Essais des données radiométriques et étalonnage au Laboratoire de Physique

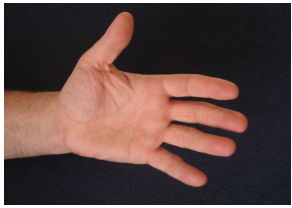


Fig.4.a: main gauche libre en spectre visible

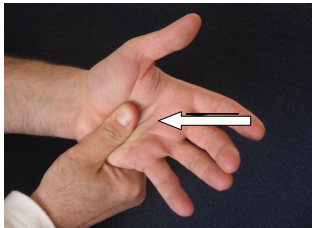


Fig.4.b : on réalise une pince compressive artérielle entre le pouce et l'index de la main droite

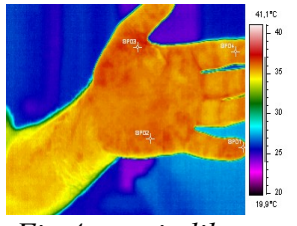


Fig.4c: main libre en caméra infrarouge

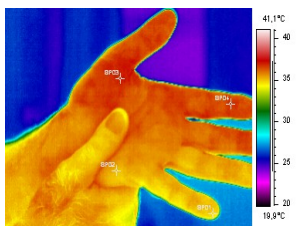


Fig.4.d: variations thermiques immédiates après la compression: abaissement de la température de 1,5°C pour les 4°et 5° doigts et augmentation de + 1,5°C pour les trois autres doigts.



Fig.5.a : mise en place de l'élastique $t=0$

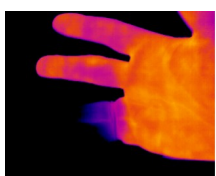


Fig5b: $t =+ 8$ minutes

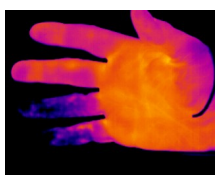


Fig5c: libération élastique

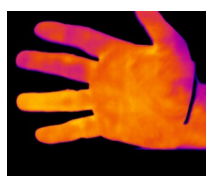


Fig5d: $t= +30$ secondes ; retour vasculaire et hyperhémie de la région anatomique libérée

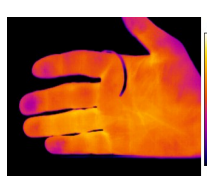


Fig5e: $t = +1\text{min}30\text{sec}$; normalisation vasculaire et thermique

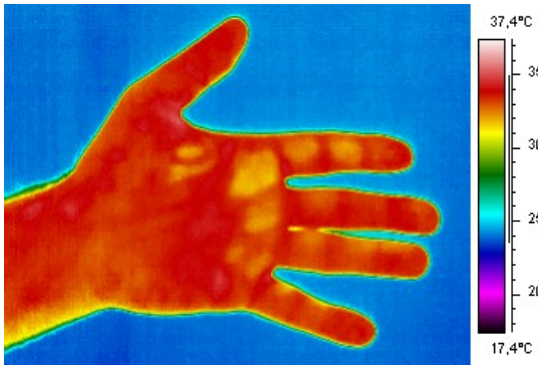


Fig.6.a :main gauche du praticien ostéopathe avant le soin

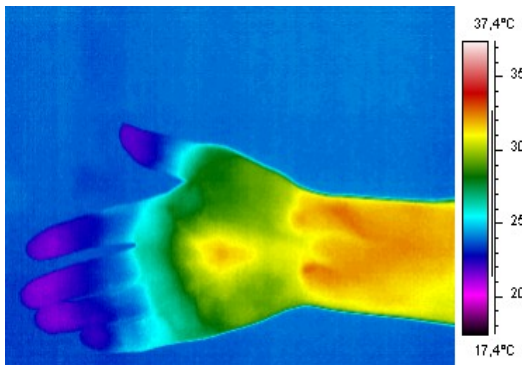


Fig.6.b : main traumatisée de la patiente avant le traitement ostéopathique

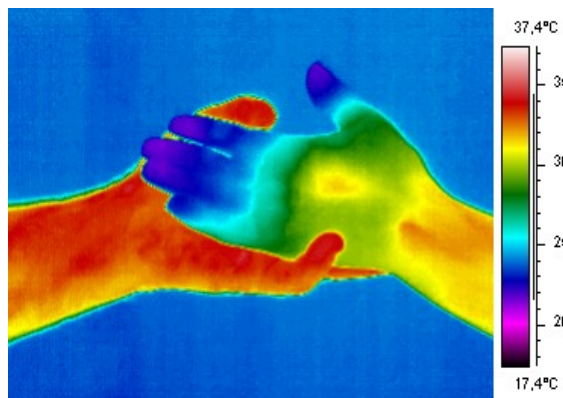


Fig.6.c : Observation des mains

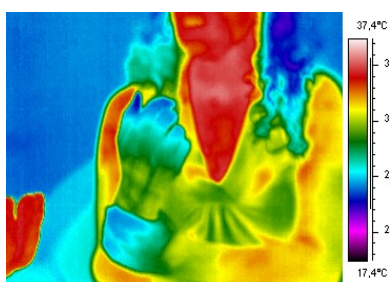


Fig 7.a: la patiente se plaint des poignets.

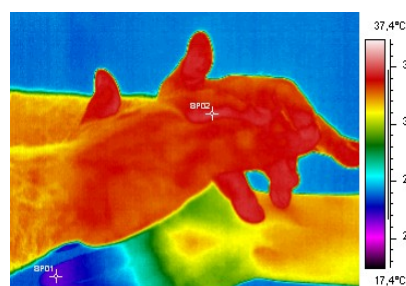


*Fig 7 b: test tissulaire du poignet.
spot 1 = 21,5 °C spot 2 = 35,2 °C. Le différentiel thermique affiche 13,7 °C.*

TRAITEMENT l' ostéopathe pratique un traitement (=Ttt) global. Quelques manœuvres du soin:



Fig.8.a :Ttt du membre supérieur droit couché dos



Fig.8.b: Ttt d'une compression claviculaire, thoracique et pulmonaire droite en position debout



Fig.8.c:Ttt d'une dysfonction lombaire en décubitus latéral gauche



Fig.8.d: équilibre cranio sacré: fin de Ttt

Comparatif thermique en caméra Infrarouge radiométrique
Avant le traitement ostéopathique (Fig 9.a,c) et Après (Fig 9.b,d)

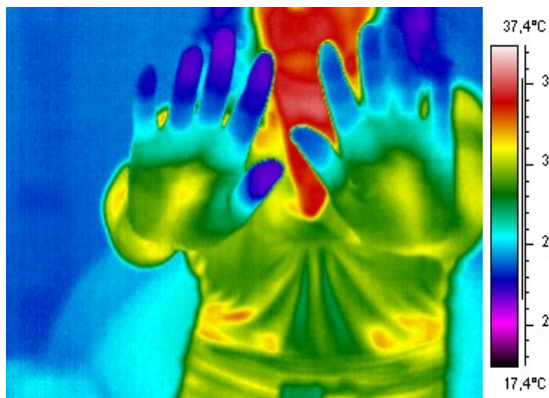


Fig9.a: face palmaire bilatérale avant traitement ostéopathique



Fig9.b : face palmaire bilatérale après traitement

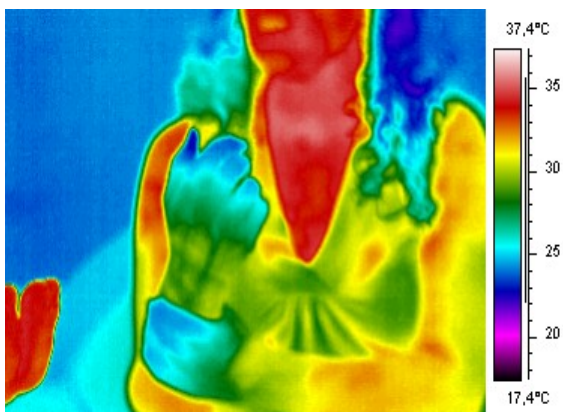


Fig9.c: Face dorsale des mains avant traitement ostéopathique

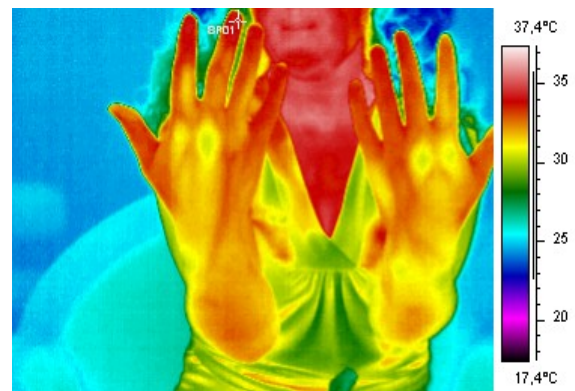


Fig9.d: Face dorsale des main après traitement : les valeurs thermiques vont passer de 21,5°C à 34,5°C= spot 1 soit un différentiel thermique de +13,0°C

Valeurs thermiques de l'image et analyse radiométrique de l'enregistrement (Fig10)



Fig10: Analyse radiométriques des paramètres d'enregistrement des mains du praticien et de la patiente avant le traitement

DATA	23 AOUT 2008
OBJECT PARAMETERS	Emissivity 0,980
	distance 2,0 m
	reflected temperature 20,0°C
EXTERNE LOCAL	temperature atmosphere 21,0°C
EXTERNE OPTICAL	temperature 20,0°C
	transmission 1,0
ATMOSPHERE	temperature 20,0
	relativ humidity 50 %
	computed transmission 0,99
WINDOWS	bitmap bmp 404x240
	290 934 octets 24 bits
MODE ENREGISTRE	palet rain limits 37,4 – 17,4°C

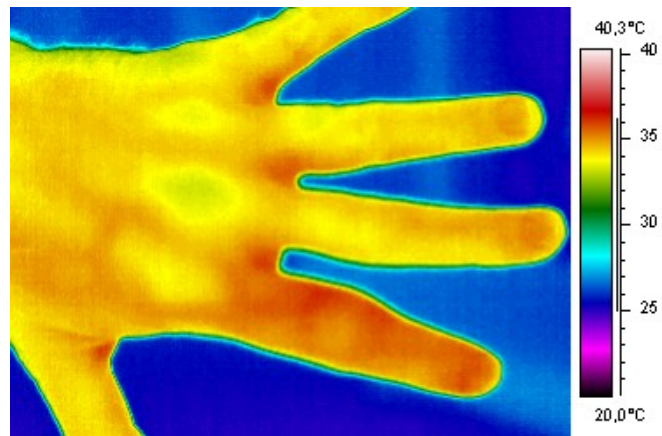


Fig 11: inflammation de l'index en post traumatique immédiat

,14
12,13,18-2
1
19
7
13,19
16
4,17
,19
18
13
20
21
22
23
24
25
29
30
31
12,16-19,2
2,25
3,4
32
33
7