



Faculté des sciences  
médicales et paramédicales

Aix-Marseille Université

Hôpitaux  
Universitaires  
de Marseille | ap.  
hm

# Exploration de la microcirculation

## Capillaroscopie

Julien Bertolino

Service de Médecine Vasculaire

# Eploration de la microcirculation

Pourquoi l'explorer?

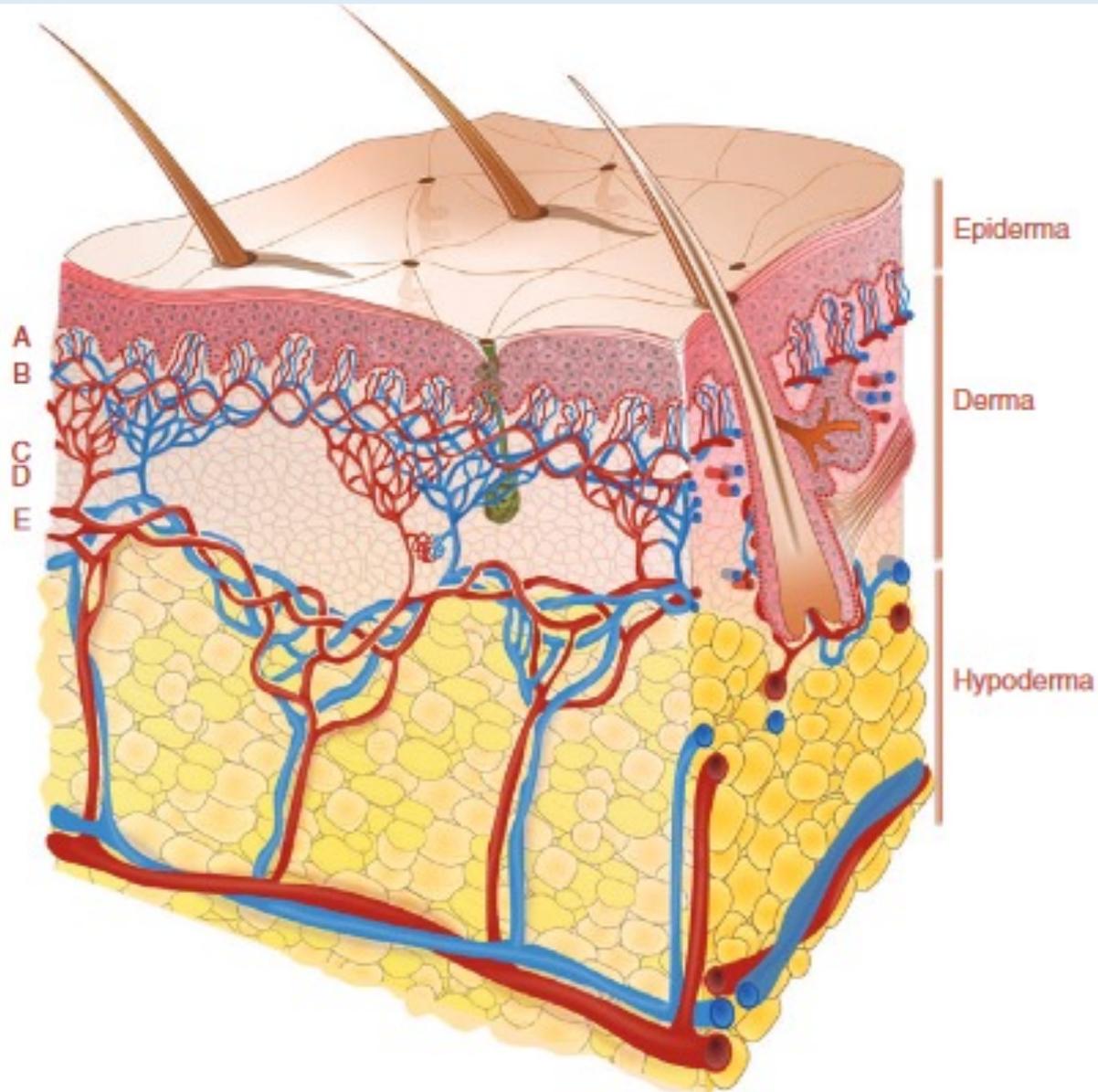
**Altération de la microcirculation dans ne nombreuses pathologies !**

Coronaropathies, diabète, sclérodermie, hypertension artérielle

**Apport diagnostique et pronostique +++**

- capillaroscopie (scs)
- scintigraphie myocardique
- fond d'œil (diabète, hta)
- TcPO<sub>2</sub>, Pression d'orteil (AOMI)
- IRM cérébrale (avc microangiopathique)

# Structure de la microcirculation cutanée



-Rôle nutritionnel

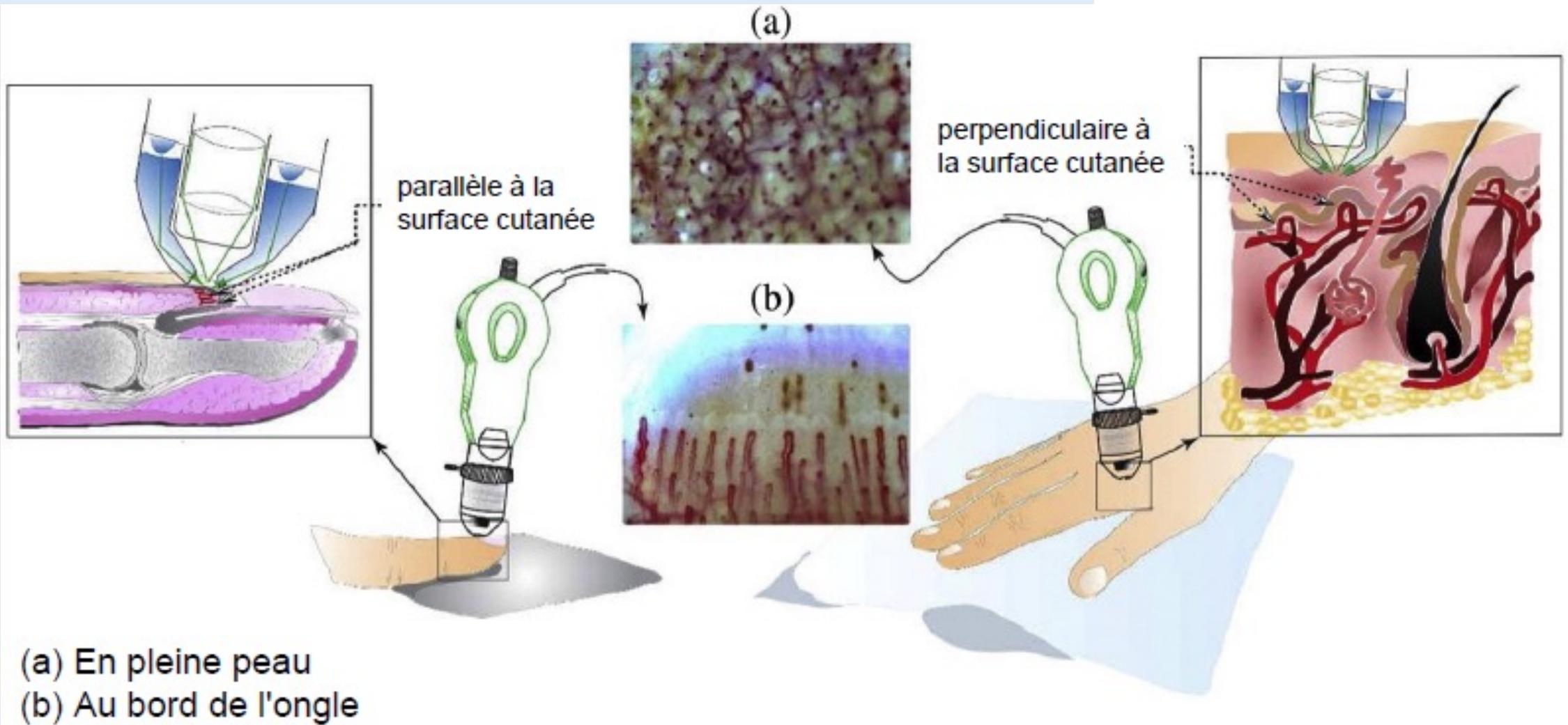
-Thermorégulation +++

-Régulation de la perfusion tissulaire

-Régulation de la pression artérielle

-Participe aux défenses immunitaires

# La Capillaroscopie



# Capillaroscopie : Choix du capillaroscope

**Microscope Optique**



# Capillaroscopie : Choix du capillaroscope

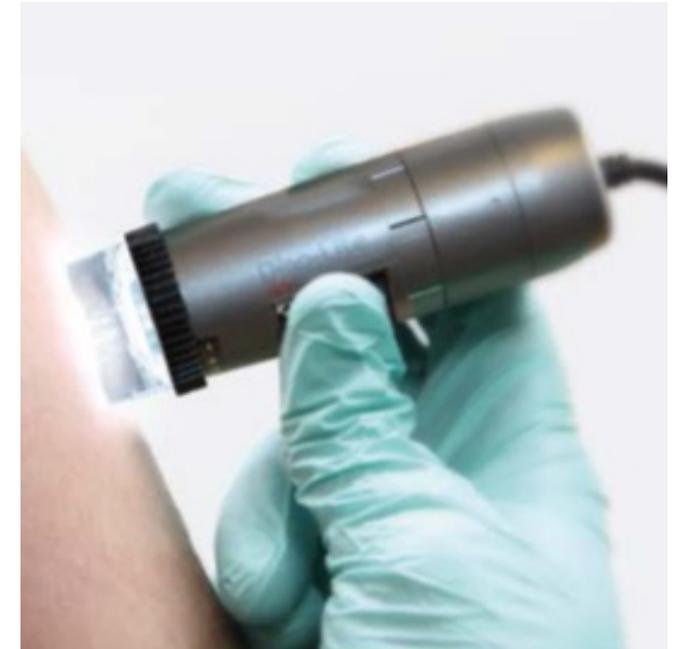
## Microscope Optique



**CapXview**



**Optilia**



**DinoLite**

# Capillaroscopie : conditions d'examen

- Pièce à une température de 20-24° depuis 15 minutes
- Tous les doigts sont examinés (sauf les pouces) au niveau du repli unguéal
- Pas de café tabac et thé 2h avant examen / éviter le vernis
- Assis confortablement
- Huile sur épiderme pour le rendre transparent, pas trop fluide si possible (paraffine, vaseline,...)
- Eclairage puissant bien focalisé

# Capillaroscopie : conditions d'examen

## Fort grossissement

x 100 ou 200



- Meilleure analyse morphologique
- Plus grande précision des mesures
- Evaluation du flux sanguin
- Utilisé dans les travaux rhumatologiques récents

## Large champ

x 50



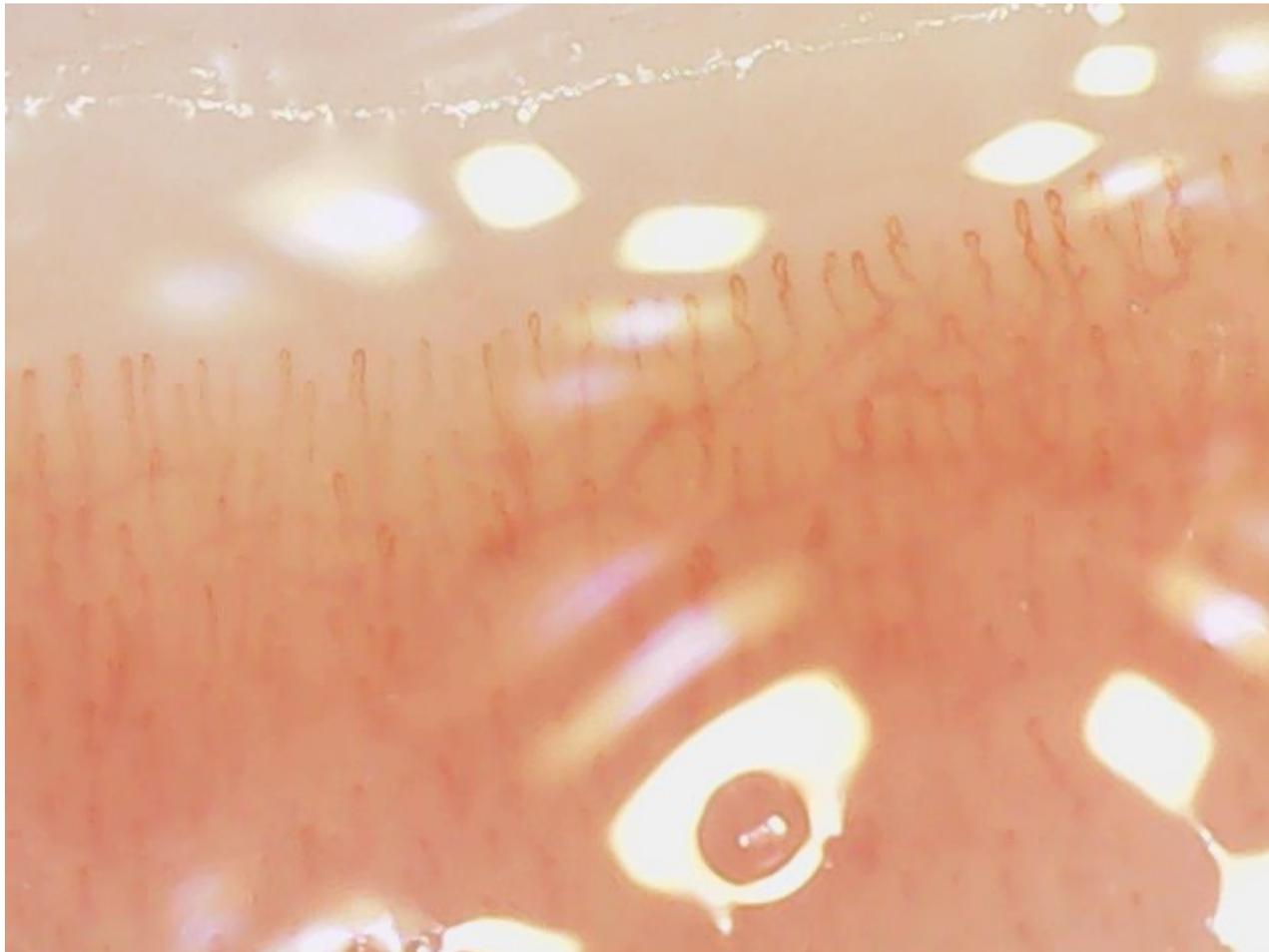
- Meilleur échantillonnage
- Meilleure profondeur de champ (densité capillaire)
- Evaluation du paysage, plus simple, plus rapide
- Utilisé dans les grandes études longitudinales

# Cas Clinique 1

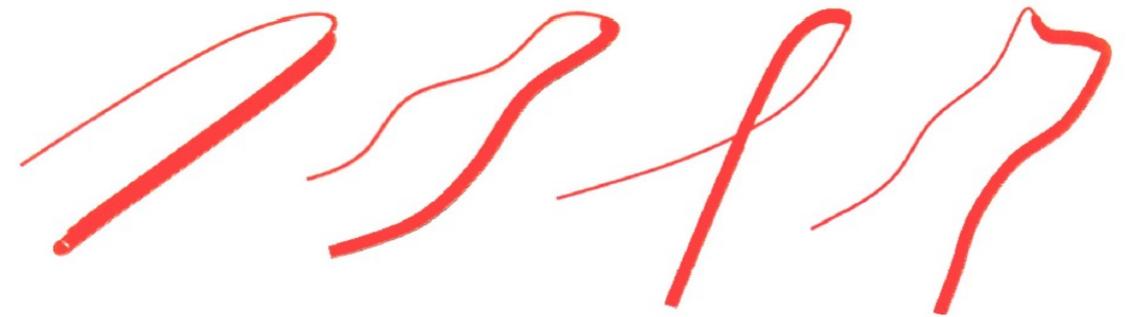
Femme de 28 ans  
Aucun antécédent  
Phénomène de Raynaud



# Capillaroscopie normale



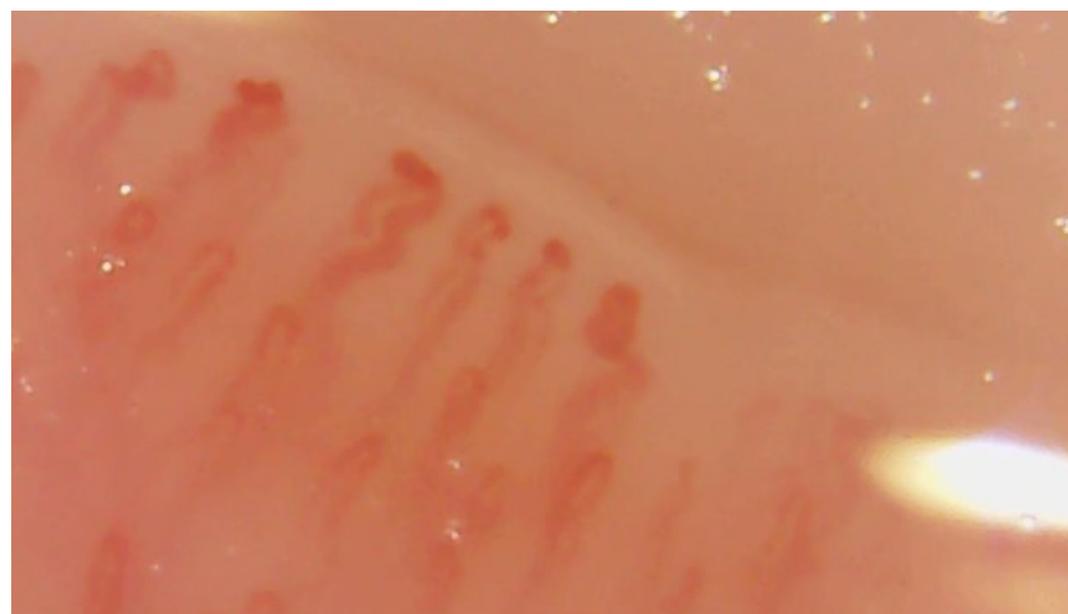
## Morphologie normale



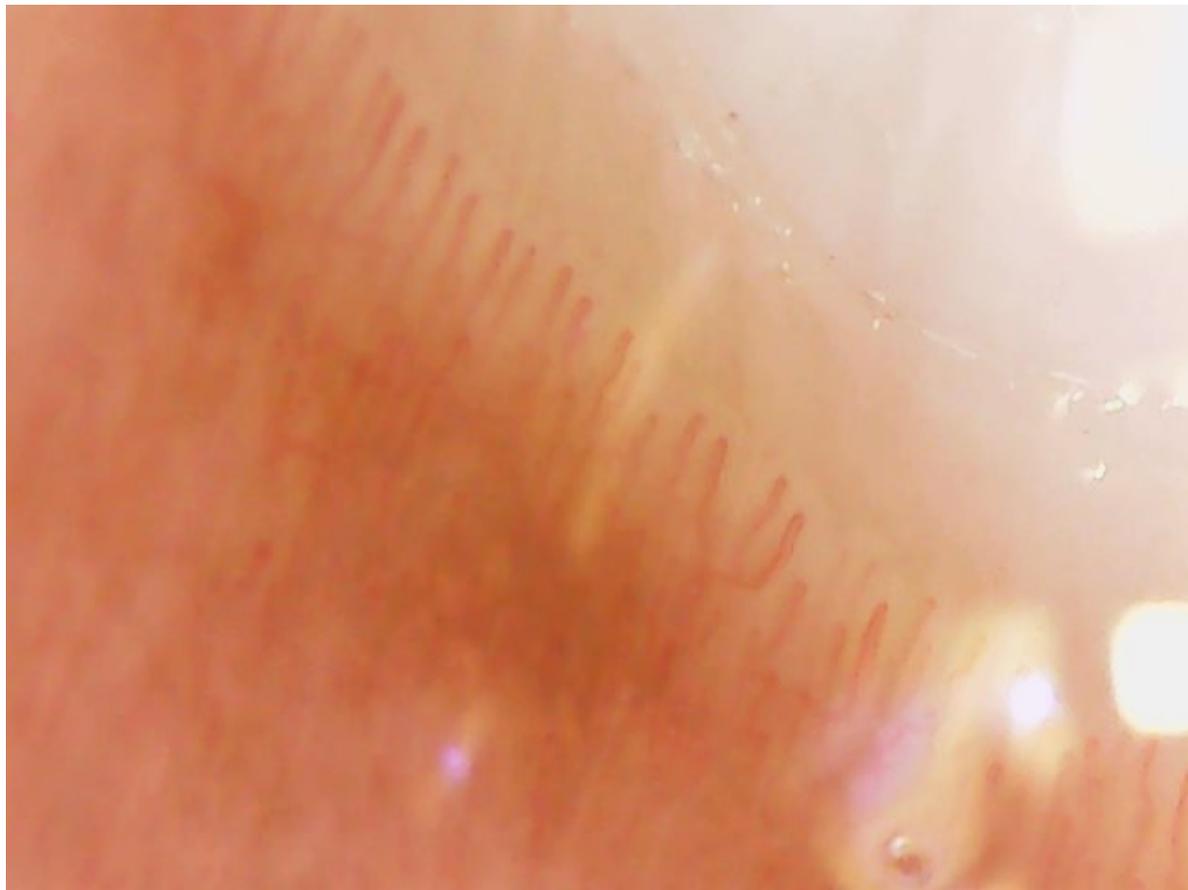
Anse en épingle à cheveux 80%  
Branche efférente plus large

# Capillaroscopie normale

Morphologie normale

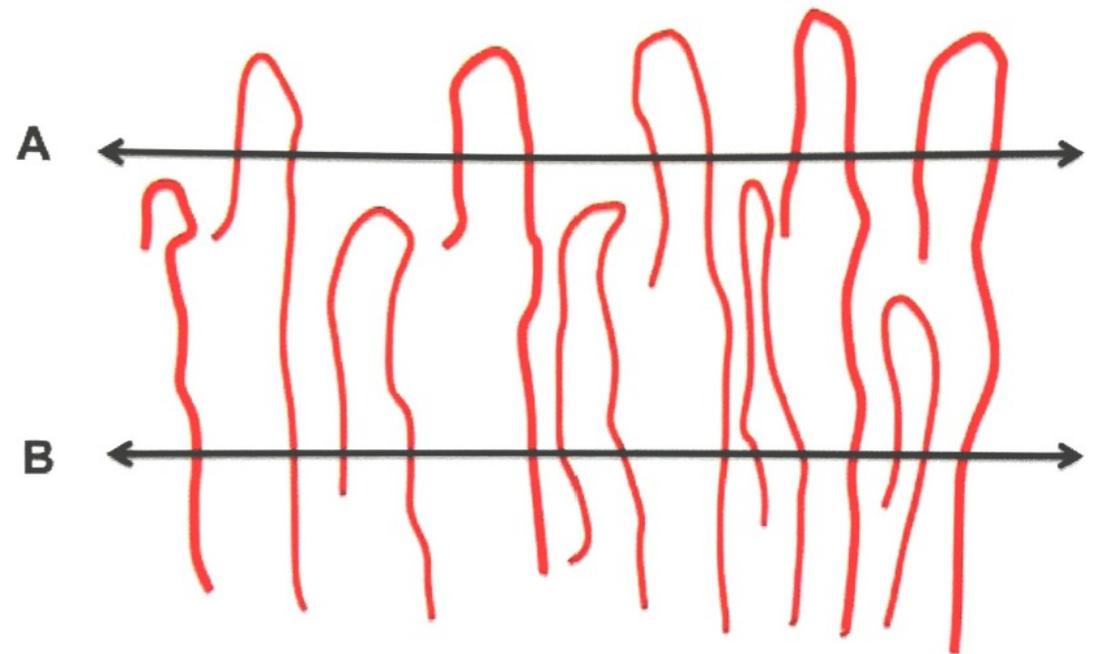


# Capillaroscopie normale



**Densité capillaire normale**  
= 9-12 anses/mm

Base de la première rangée

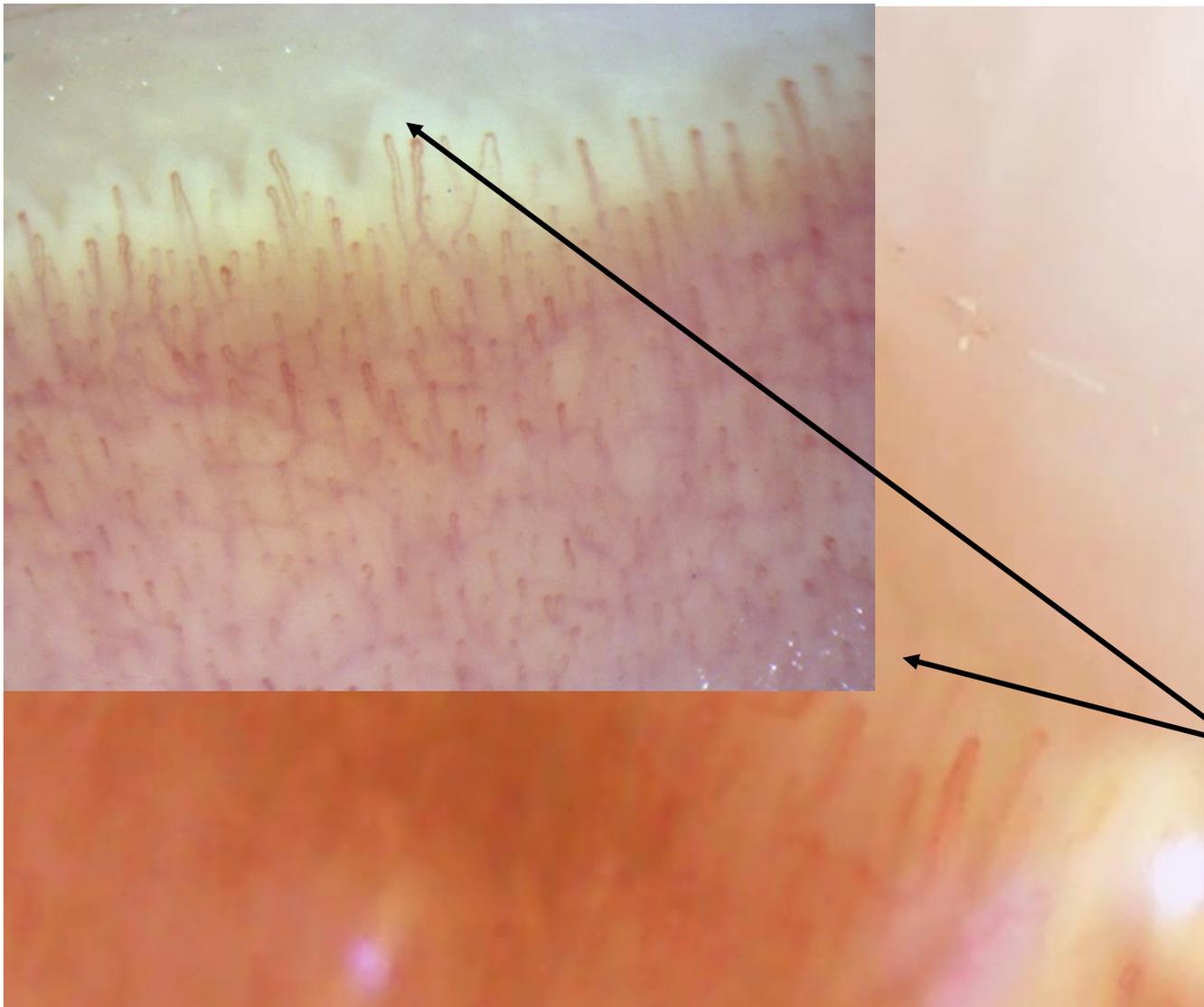


# Capillaroscopie normale

The screenshot displays the CoolingTech software interface. The main window, titled "CoolingTech Microscope", shows a capillaroscopic image of a blood vessel. A red horizontal scale bar is overlaid on the image, labeled "1,000 mm". The image shows a network of blood vessels with some yellowish, irregular structures. The software interface includes a menu bar (Files, Operation, Settings, Windows, Help) and a toolbar with various icons. On the right side, there is a "Libraries" panel with tabs for "Picture", "Results", and "Calibrate". The "Results" tab is active, showing a table with the following data:

ID	Object	Value	
1	模式	直線	
	單位	mm	像素(pix)
	長度	1,000	134

# Capillaroscopie normale



## Fond de teinte normale

Dépend de la pigmentation cutanée

Habituellement rosé chez les caucasiens

Papille dermique entourant  
l'anse capillaire

# Capillaroscopie normale

## Variations avec l'âge

### Sujet âgé

Peau plus fine : meilleure visibilité des plexus veineux

Plus de tortuosités et augmentation du diamètre des capillaires  
(Grassi et Del Medico)



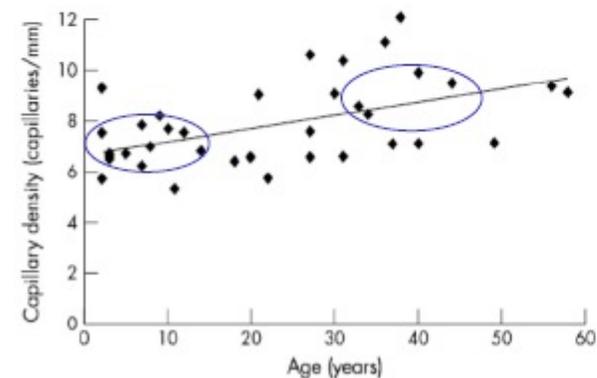
### Chez l'enfant

Aspect définitif des anses capillaires après le 6<sup>e</sup> mois de naissance

Après 10 ans : pas de différence avec les adultes

### Répartition de la densité capillaire en fonction de l'âge

Dalezalova et al. Ann Rheum Dis 2003 ; 62:444-449



	Adults (n = 20)	Children (n = 17)
Median capillary density per mm	8.9 [5.7 – 12.0]	6.7 [5.3 – 9.3]
Median capillary diameter (µm)	40 [2.7 – 7.6]	47 [3.3 – 14.2]

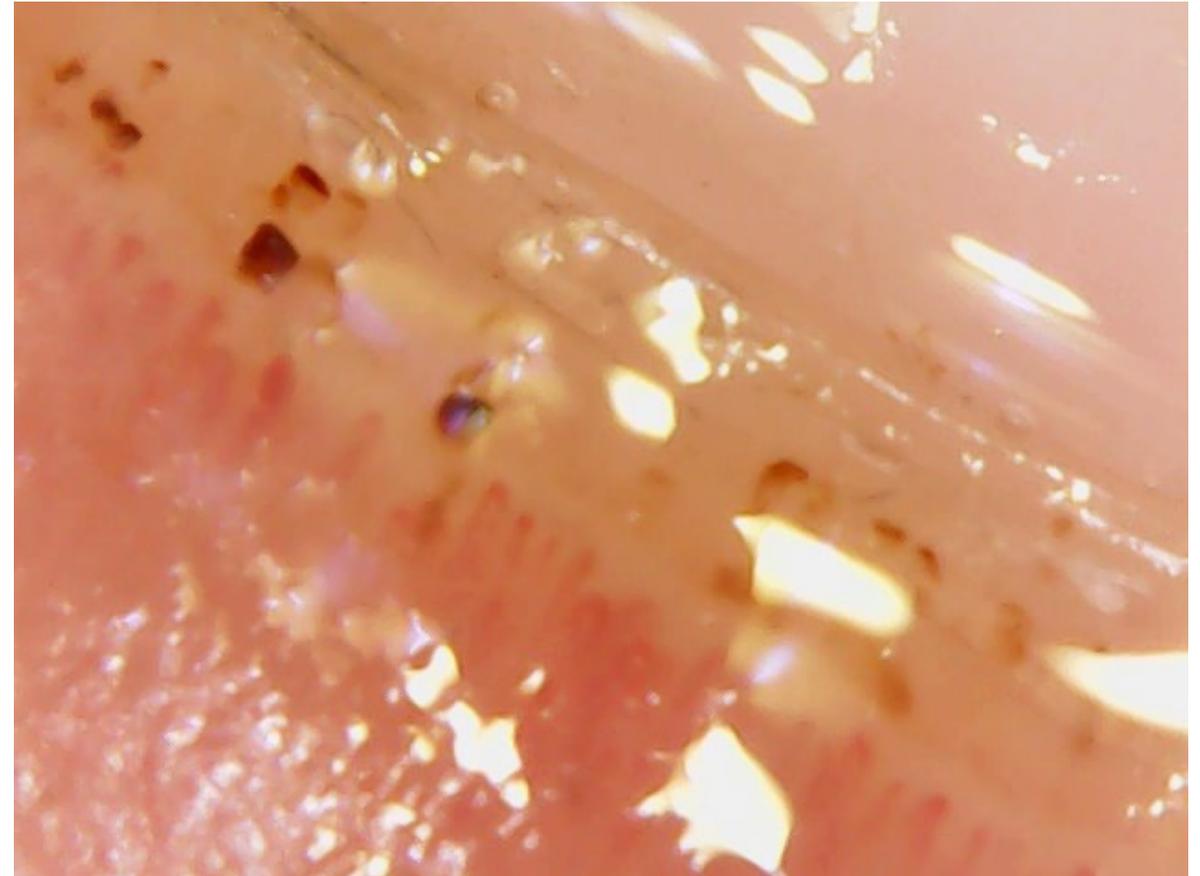
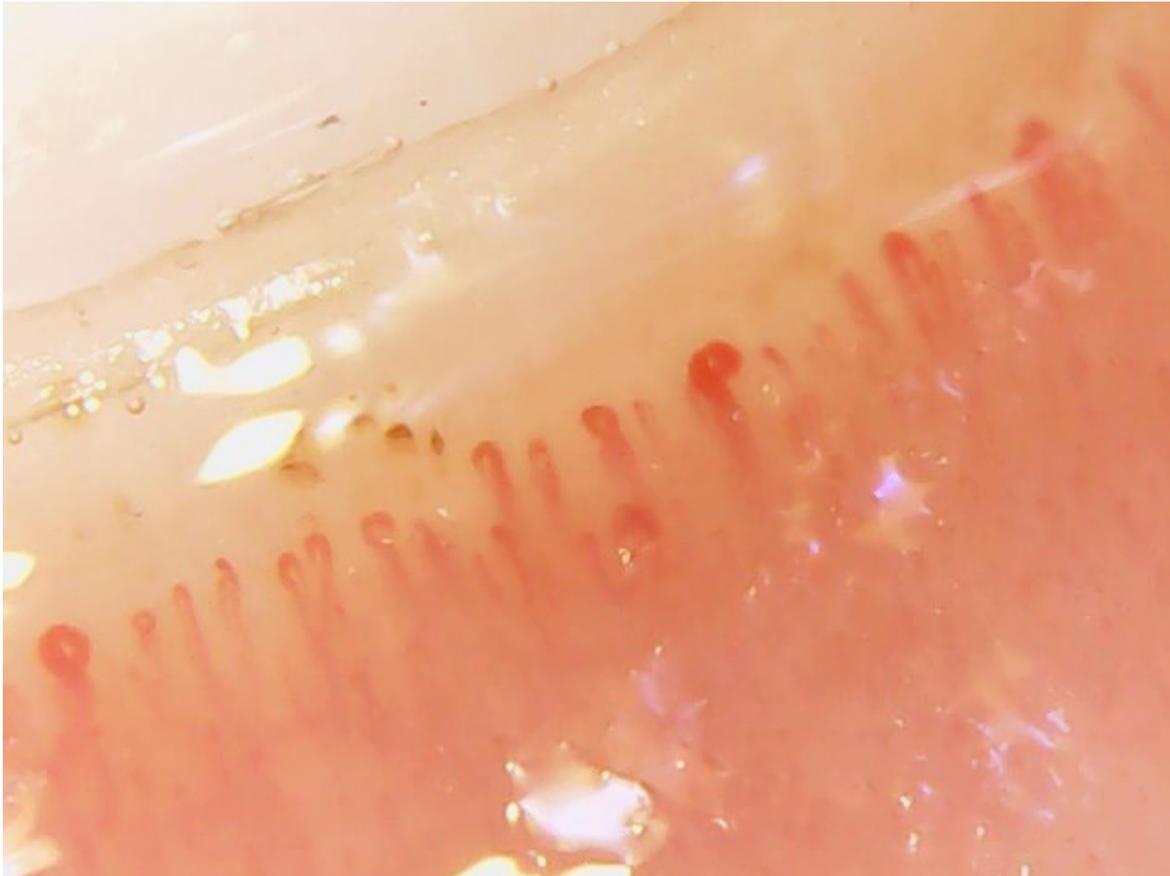
Ref: Ingegnoli et Herrick. Arthritis Care & Research 2013, 65 (9), 1393-1400  
Piotto et al: Clin Exp Rheumatol. 2016 Sep-Oct;34 Suppl 100(5):193-199.

## Cas Clinique 2

Femme de 33 ans, aucun antécédent hormis RGO sous Gaviscon

Phénomène de Raynaud depuis 2017 mains et pieds, invalidant, déclenché par le froid

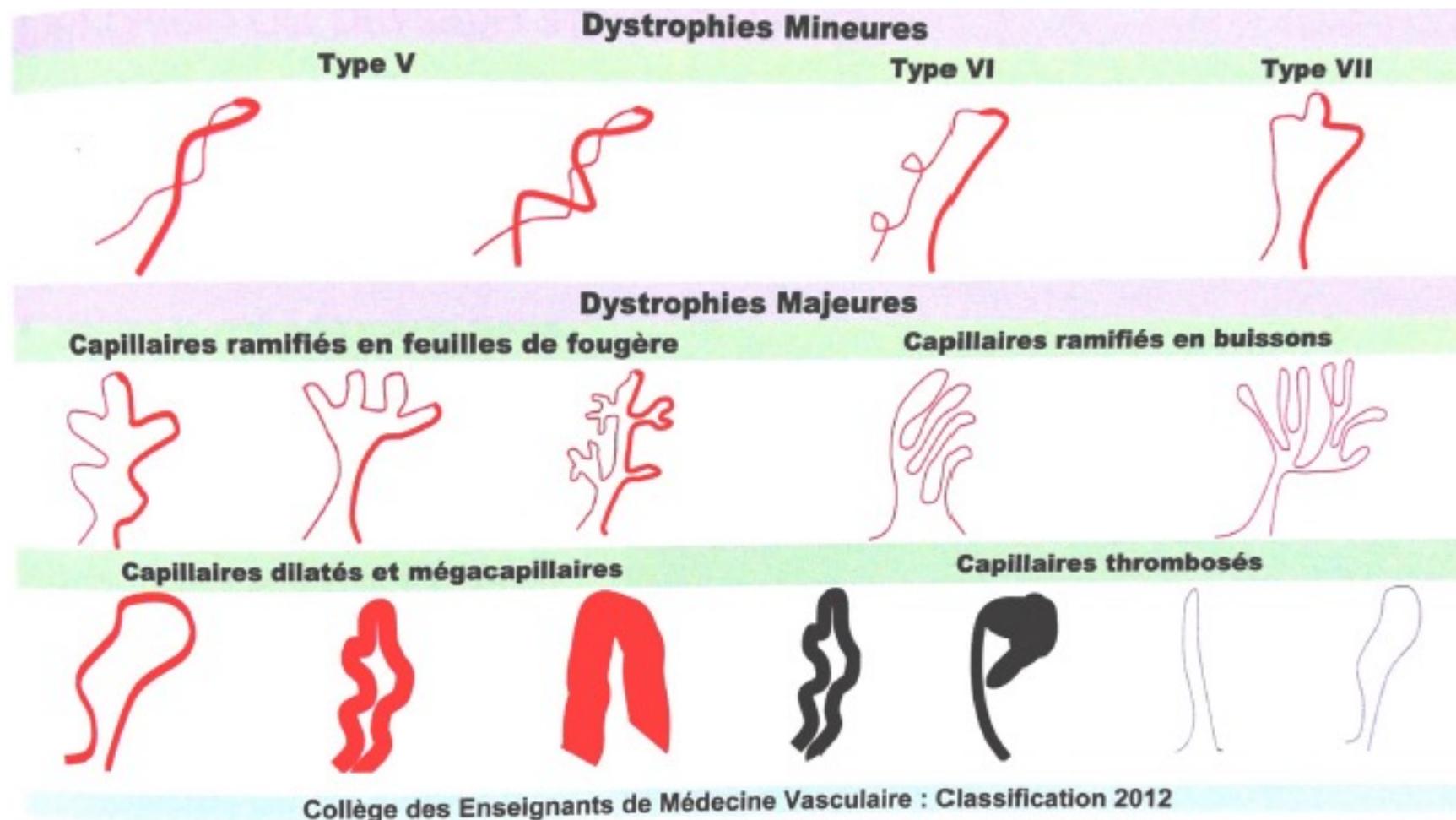
Pas d'atteinte des pouces, pas de troubles trophiques, pas d'atcd familiaux de Raynaud



# Anomalies capillaroscopiques

## → Principales anomalies morphologiques

La présence de dystrophie est **anormale** si il en existe **> 15%** du nombre total d'anses capillaires



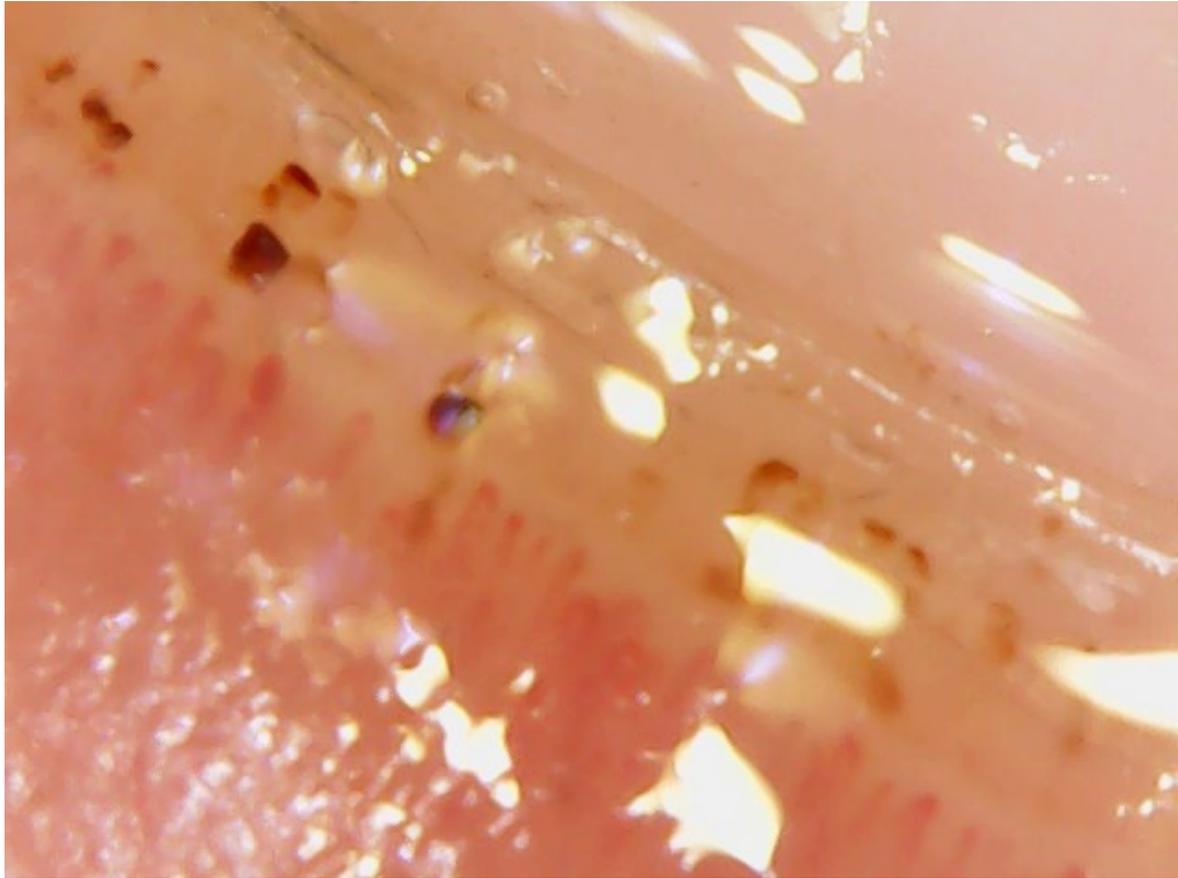
# Anomalies capillaroscopiques



## Mégacapillaires (MC)

- Dilatation homogène et **symétrique** de l'anse capillaire
- Diamètre  $> 50\mu\text{m}$
- Mécanisme d'adaptation à l'hypoxie, 1er signe à apparaître
- 2 MC sur 2 doigts différents =**  
**Microangiopathie organique spécifique**
- Entre **20 et  $50\mu\text{m}$**  = **Capillaire dilaté** →  
surveillance/peut se voir dans l'acrocyanose

# Anomalies capillaroscopiques



## Microhémorragies

- Extravasation d'hématies secondaire aux lésions des parois capillaires dilatées
- Images en « **volute de fumée** » ou en « **pires d'assiettes** »
- Evocateur de microangiopathie organique mais se rencontrent aussi dans certains acrosyndromes fonctionnels (acrocyanose)
- Attention aux hémorragies traumatiques (flaques irrégulières et isolées)

# Cas Clinique 2

Patiente de 33 ans

<b>AC ANTI-NUCL DEPIST.</b>				
<b>Anti-nucléaires</b>		<b>Positif, titre = à 1280.</b>		
<b>aspect nucléaire</b>		<b>Centromérique.</b>		
<b>ANTI-ADN</b>				
<b>anti-DNA natif</b>		<b>2,60</b>	<b>UI/ml</b>	<b>&lt; 15,00</b>
<b>TESTS SUR UNICAP</b>				
<b>anti-Centromère B</b>	<b>H</b>	<b>251,00</b>	<b>U/ml</b>	<b>&lt; 10,00</b>
<b>EXPL.MYOSITES</b>				
<b>Nat Prel : SERUM</b>				
<b>IF SUR HEP2</b>				
<b>Anti-nucléaires</b>		<b>Positif, titre = à 1280.</b>		

→ Sclérodermie précoce

# Cas Clinique 3

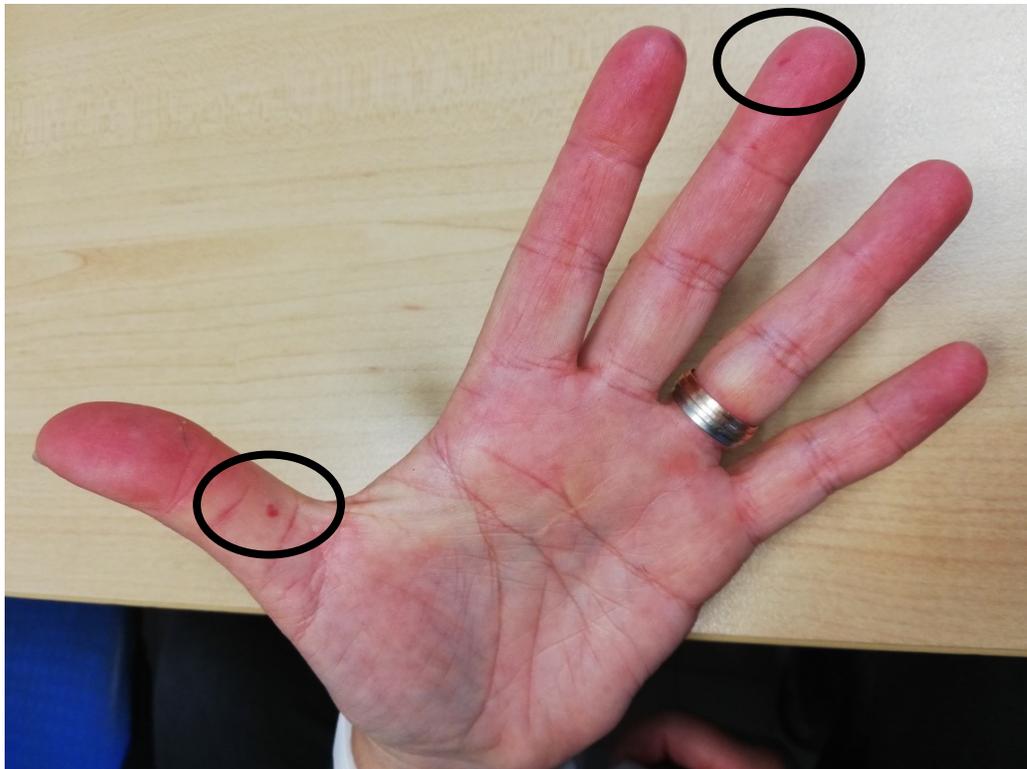
Patiente de 55 ans

Raynaud mains et pieds depuis l'adolescence mais qui s'aggrave depuis quelques années

Pas de troubles trophiques

RGO et dysphagie avec 2 FOGD normales

→ **Télangiectasies**



## Cas Clinique 3



Dystrophies majeures > 15%  
Capillaires ramifiés et dilatés  
Désorganisation architecturale  
Raréfaction capillaire

ACAN positifs 1/1280 centromériques  
Ac anti centromères B positifs

→ **Sclérodermie systémique de forme cutanée limitée**

# Anomalies capillaroscopiques



## Raréfaction capillaire

= Nombre de capillaire  $< 7/\text{mm}$

## Zone avasculaire

= Nombre de capillaire  $< 2/\text{mm}$



## Désorganisation architecturale

= perte de parallélisme des anses, défaut d'alignement de la première rangée

# Anomalies capillaroscopiques

**Œdème = dépôt jaunâtre** au niveau du cuticule + flou péri-capillaire

- Microangiopathie organique
- Raynaud sévère
- +/- Acrocyanose

**Fond de teinte :**

pale → syndrome ischémique, PR, bbloquants, anémie

Cyanique → syndrome de stase, acrocyanose, sujet agé

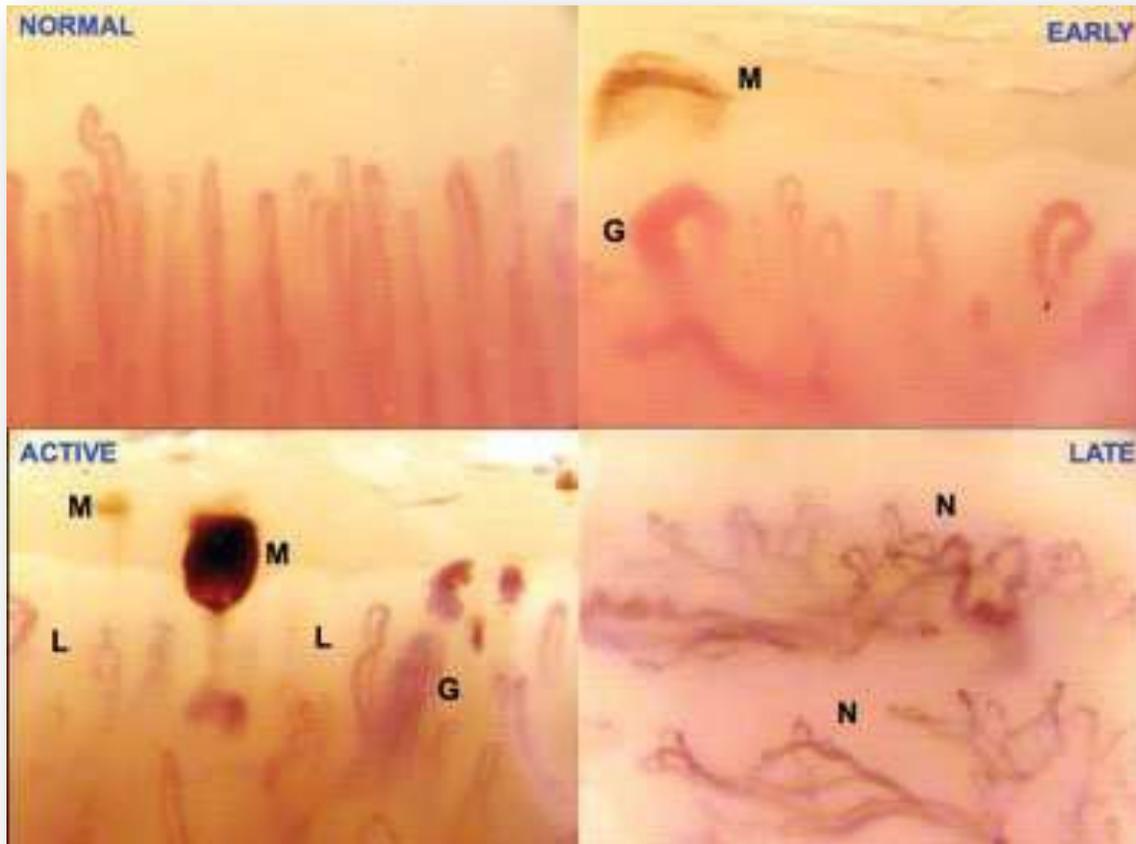
Jaunâtre → Dyslipidémie

**Anomalie du plexus veineux** → dilaté dans l'acrocyanose +/- lupus

# Capillaroscopie et Sclérodermie Systémique (ScS)

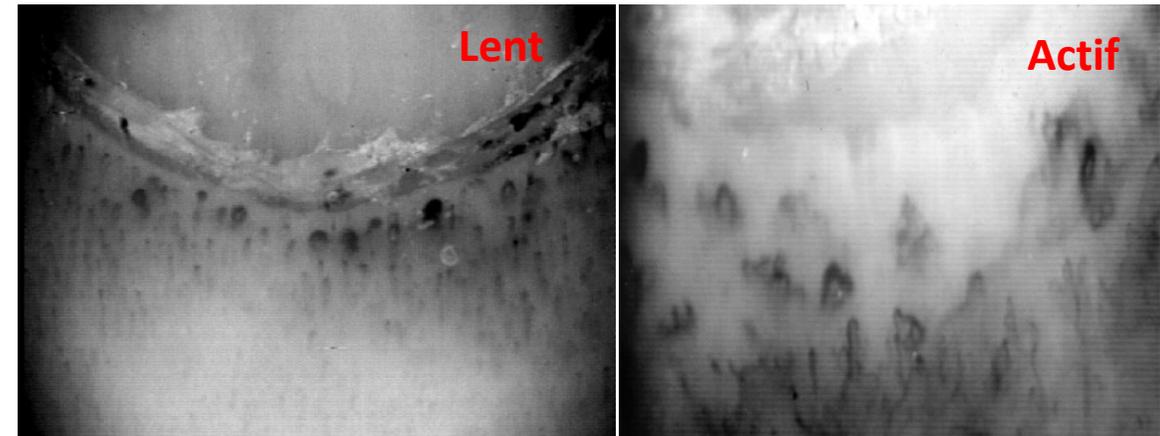


## Classification de CUTOLO



*M Cutolo et al, Rheumatology (Oxford) 2004*  
*Herrick A & Cutolo M A&R 2010*

## Classification de Maricq



*Maricq HR et al, Clin Exp Rheumatol. 1983*

# Capillaroscopie et Sclérodermie Systémique (ScS)



## Sclerocap Study - 383 patients

**Table I.** Relationship between Maricq and Cutolo's classifications in the 329\* classified patients.

Maricq Cutolo	Slow (N=211)	Active (N=117)
Early (N=87)	87	0
Active (N=144)	121	23
Late (N=97)	3	94

\*Among the 387 patients, 59 (15%) had normal capillaroscopy or were unclassifiable for Maricq and Cutolo's classifications.

**Bonne reproductibilité**  
concernant le **diagnostic** de  
pattern sclérodermique

**Reproductibilité moyenne**  
concernant la **classification**  
des patterns  
sclerodermiques

# Capillaroscopie et pronostic dans la ScS



Stade actif de Maricq (ou tardif Cutolo) associé à un mauvais pronostic et au risque de complications viscérales

*Lévêque P. et al . Ann. Dermatol 2011*

Un aspect actif ou tardif de Cutolo est associé à la survenue d'un nouvel ulcère digital (UD)

*Friedrich S Arthritis Res Ther 2019*

L'évolution des lésions en capillaroscopie (Raréfaction capillaire +++ ) associé à l'apparition de nouveaux UD et la survenue de complications viscérales (HTP, Rodnan)

*Avouac J et al. Semin Arthritis Rheumat 2017*

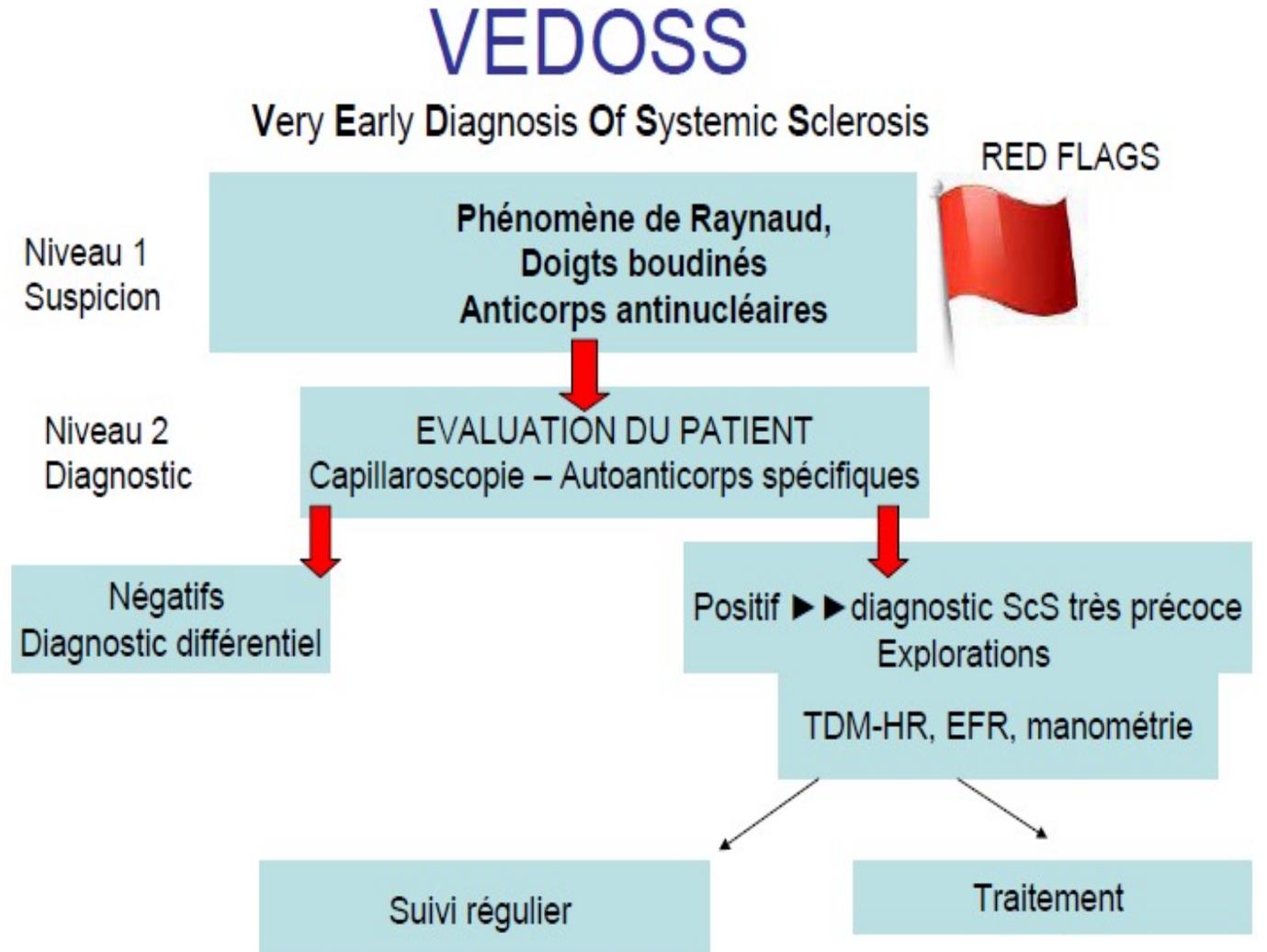
# Capillaroscopie = **diagnostic précoce** de ScS?

La capillaroscopie reconnaît une « signature sclérodermique » et permet de :

**-Réduire le délai diagnostic**

**-Surveillance et dépistage des anomalies viscérales**

**-Prédire la survenue des ulcères digitaux**



# Diagnostic précoce de ScS → Réel intérêt ?

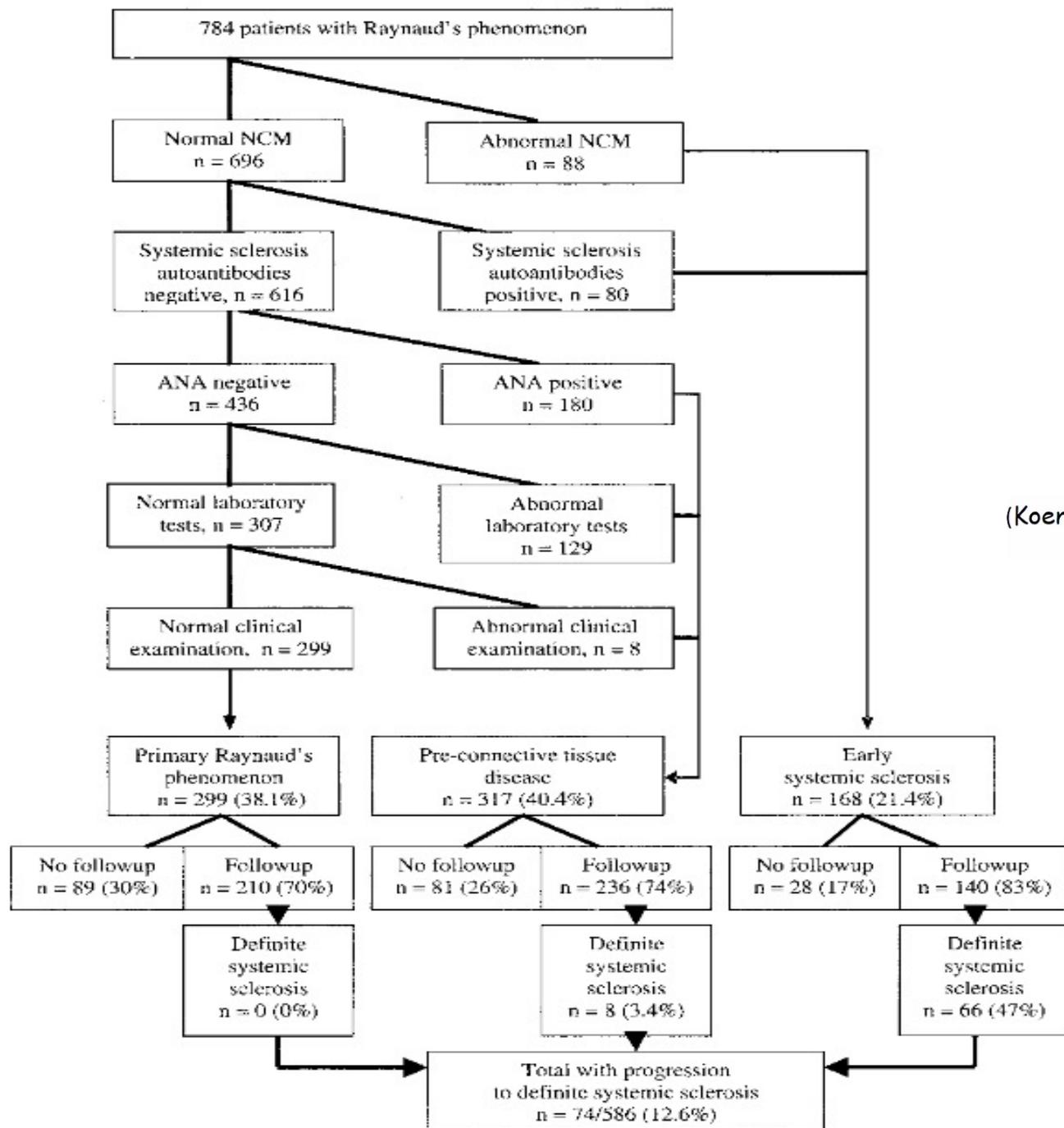
Problème :

**-Quel intérêt du diagnostic précoce?**

->Pas de traitement spécifique pour les formes débutantes...

-> La moitié vont évoluer vers une forme systémique

*Koenig M. Arthritis Rheum 2008  
Avouac J. Ann Rheum Dis 2011*



(Koenig M. et al. Arthritis Rheum 2008;58:3902-12)

# Diagnostic précoce de ScS → Réel intérêt ?

Problème :

**-Quel intérêt du diagnostic précoce?**

->Pas de traitement spécifique pour les formes débutantes...

->la moitié vont évoluer vers une forme systémique

*Koenig M. Arthritis Rheum 2008  
Avouac J. Ann Rheum Dis 2011*

**-Quel intérêt de prédire la survenue des ulcères digitaux?**

->Pas d'indication de traitement préventif sur les données capillaroscopiques...

->**Intérêt du Sildenafil?** *Shenoy et al. Rheumatology 2010*

**-La « signature sclérodermique » n'est pas spécifique de la sclérodermie...**

# Capillaroscopie et maladies auto-immunes

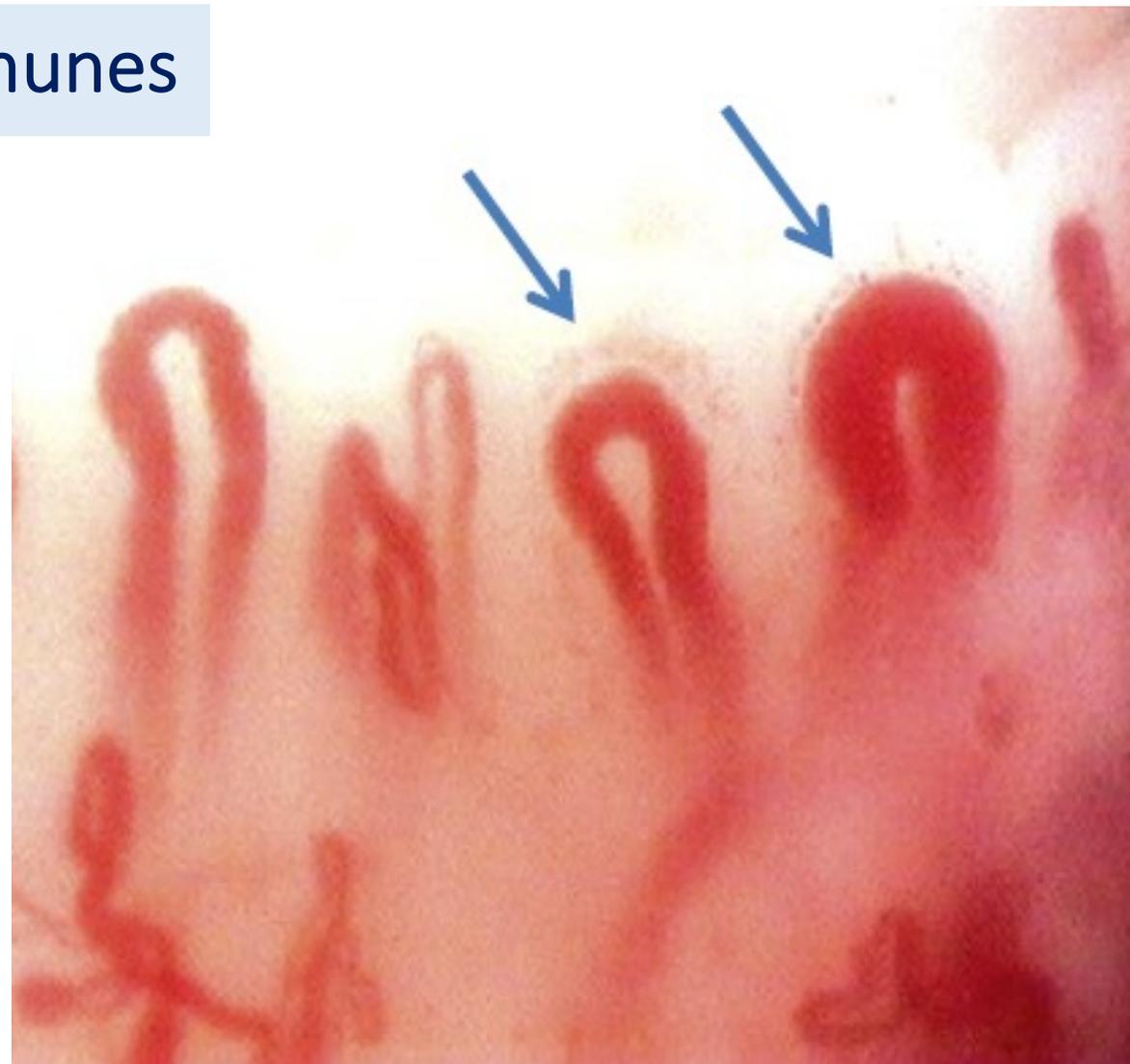
## **Dermatomyosite :**

- Dystrophie majeure de type « feuille de fougère »
- Mégacapillaires « touffus »
- Raréfaction capillaire
- Oedeme péricapillaire
- Micro-hémorragies

### **Syndrome des antisynthétase**

1/3 des cas profil sclérodermique  
avec association profil J01

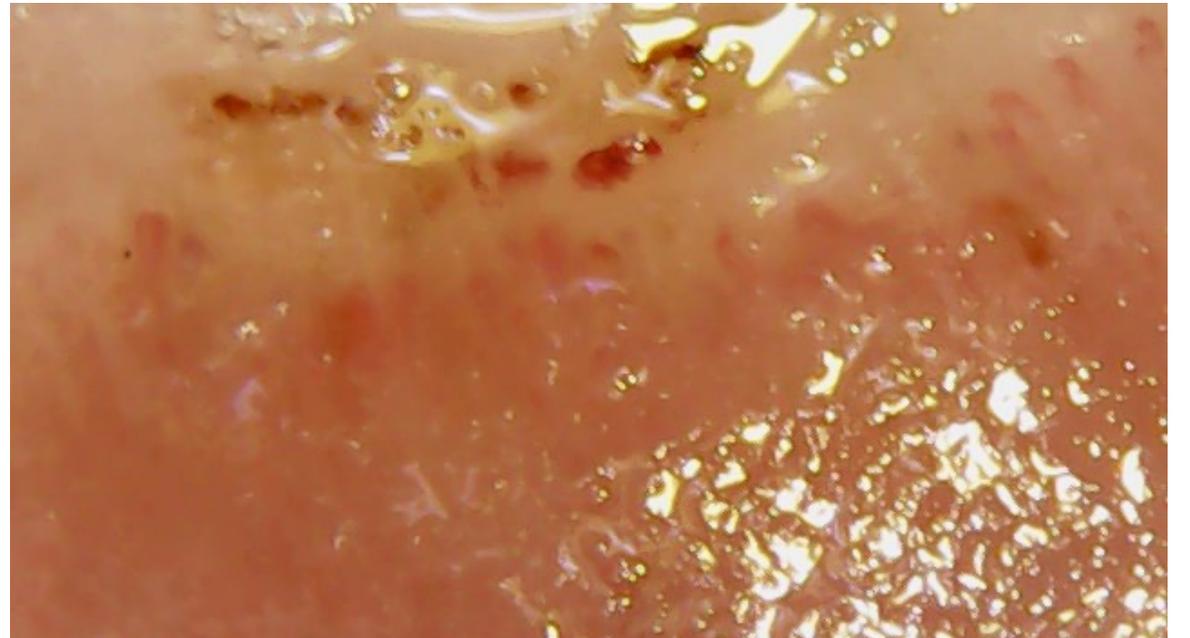
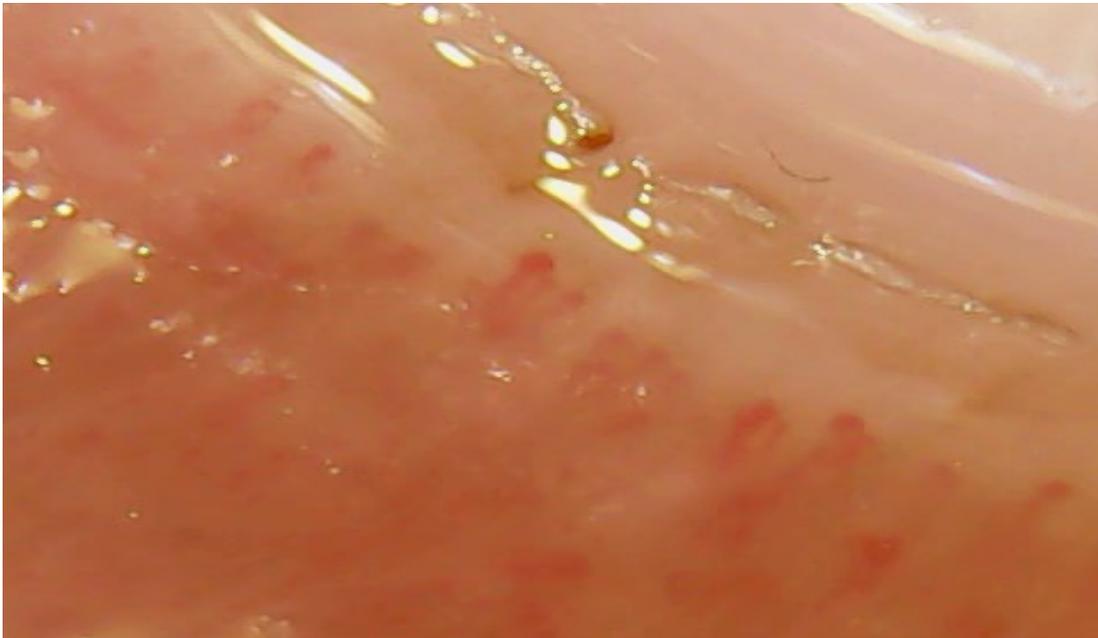
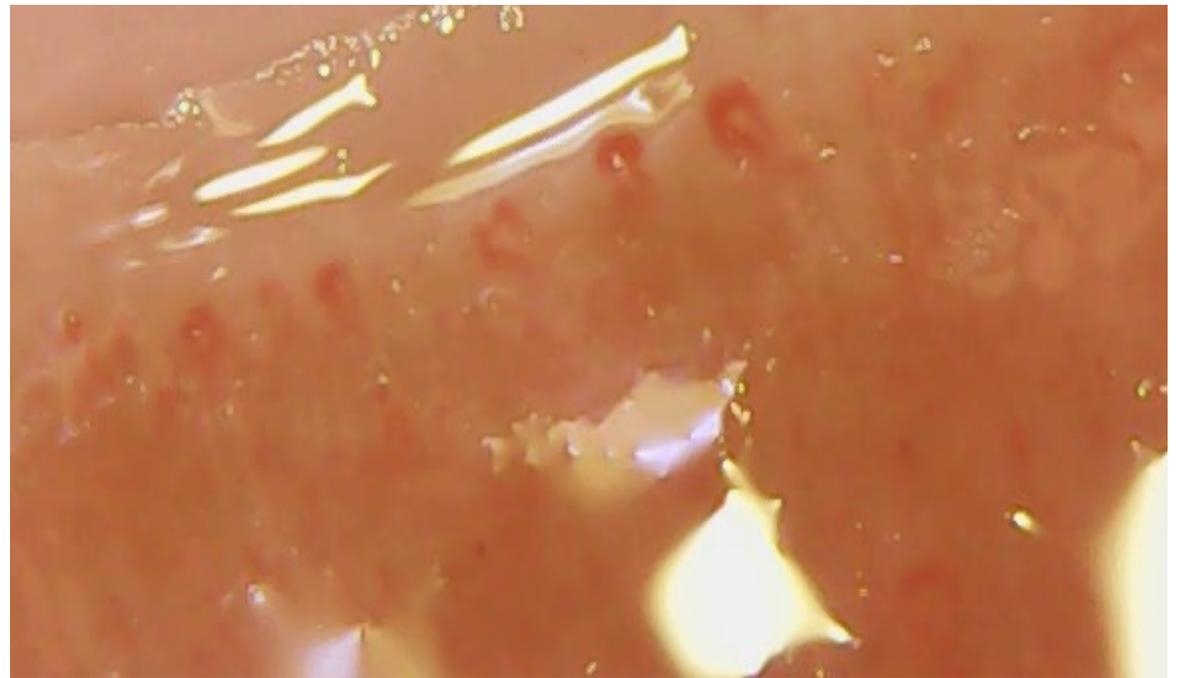
**+ Syndrome de Sharp (50-65%)**



*M Cutolo. Best Pract Res Clin Rheumatol. 2007  
Selva-Ocallaghan Semin Arthritis Rheum 2010*

**Patiente de 27 ans :**

**Connectivite mixte anti DNA + anti  
RNP + Anti PL12  
Syndrome des antisynthétases**



# Capillaroscopie et maladies auto-immunes

## Lupus :

Capillaroscopie normale 1/3  
**Anses très longues (1000µm)**

**Répartition anarchique**

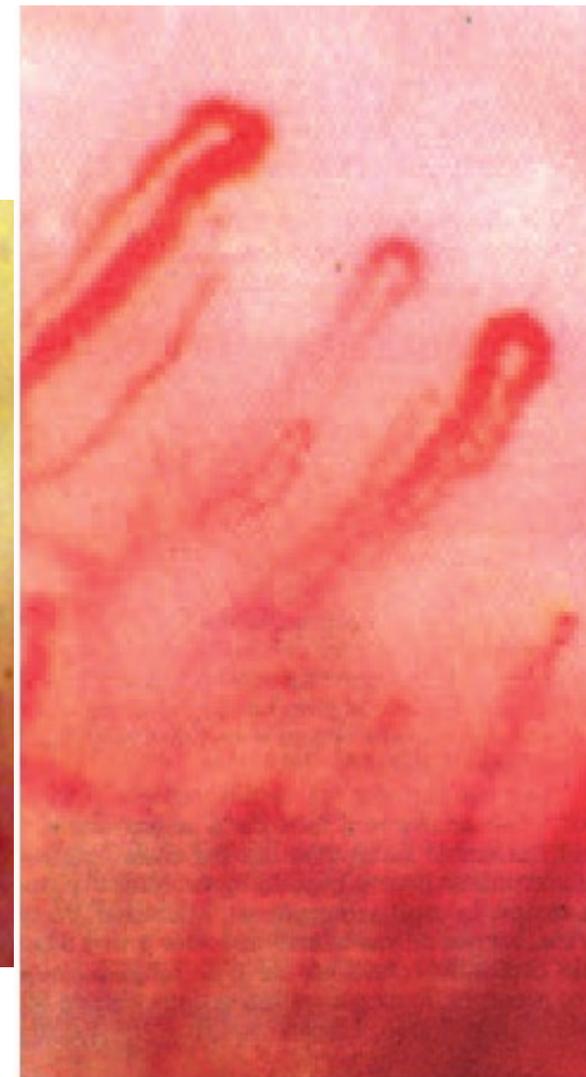
« Jamais » de mégacapillaires

Mais capillaires dilatés

Œdème

Sludge capillaire

**Diminution du nombre de capillaire**



**Anomalies chez patients  
lupiques avec Raynaud  
et atteinte cutanée**

*Montfort Lupus 2021*

*Pavlov-Dolijanovic Rheumatol Int 2013*

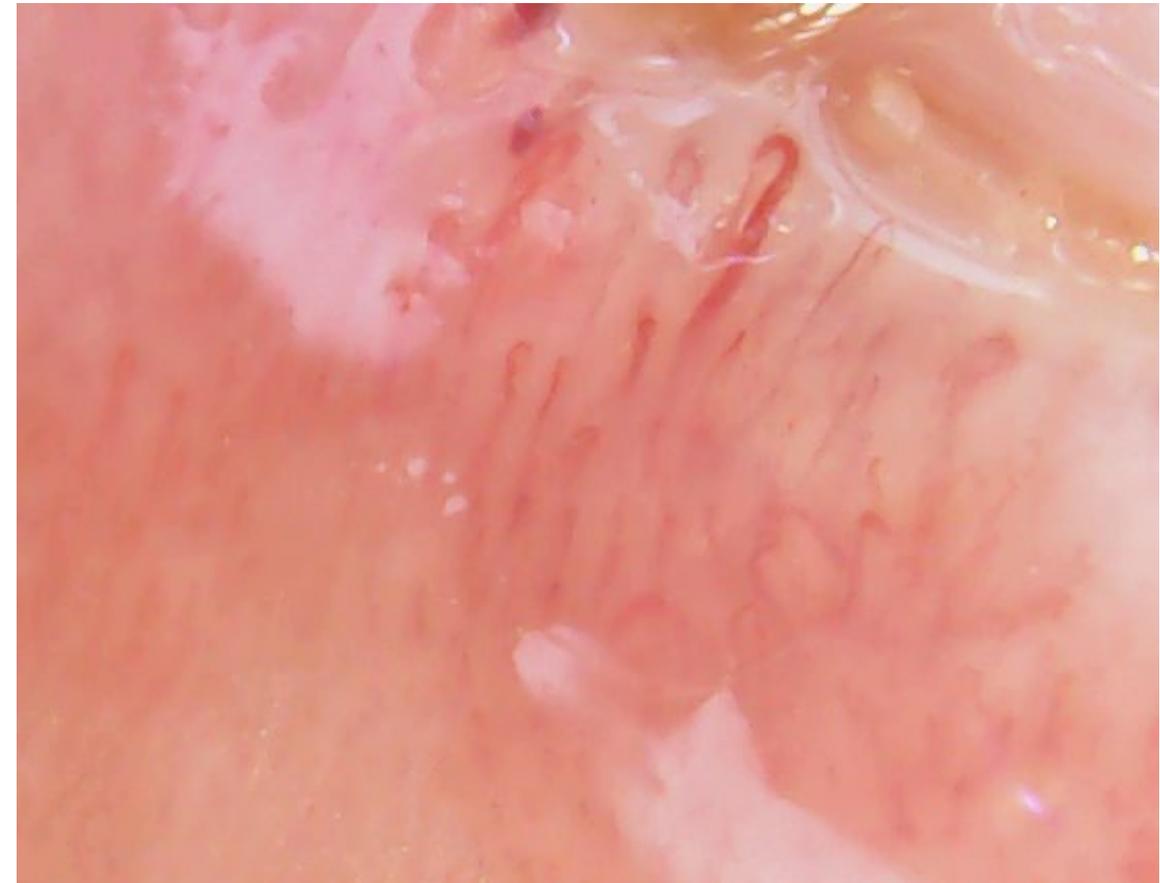
*M Cutolo. Best Pract Res Clin Rheumatol. 2007*

*Sarteel A. EMC 2007*

# Capillaroscopie et maladies auto-immunes

Anti-nucléaires		Positif, titre > à 1280.
aspect nucléaire		Homogène et moucheté.
ANTI-ADN		
anti-DNA natif		13,00
TESTS SUR UNICAP		
Depist Ag solubles		POSITIF
Anti-Nucléosom Elisa	H	>200,00

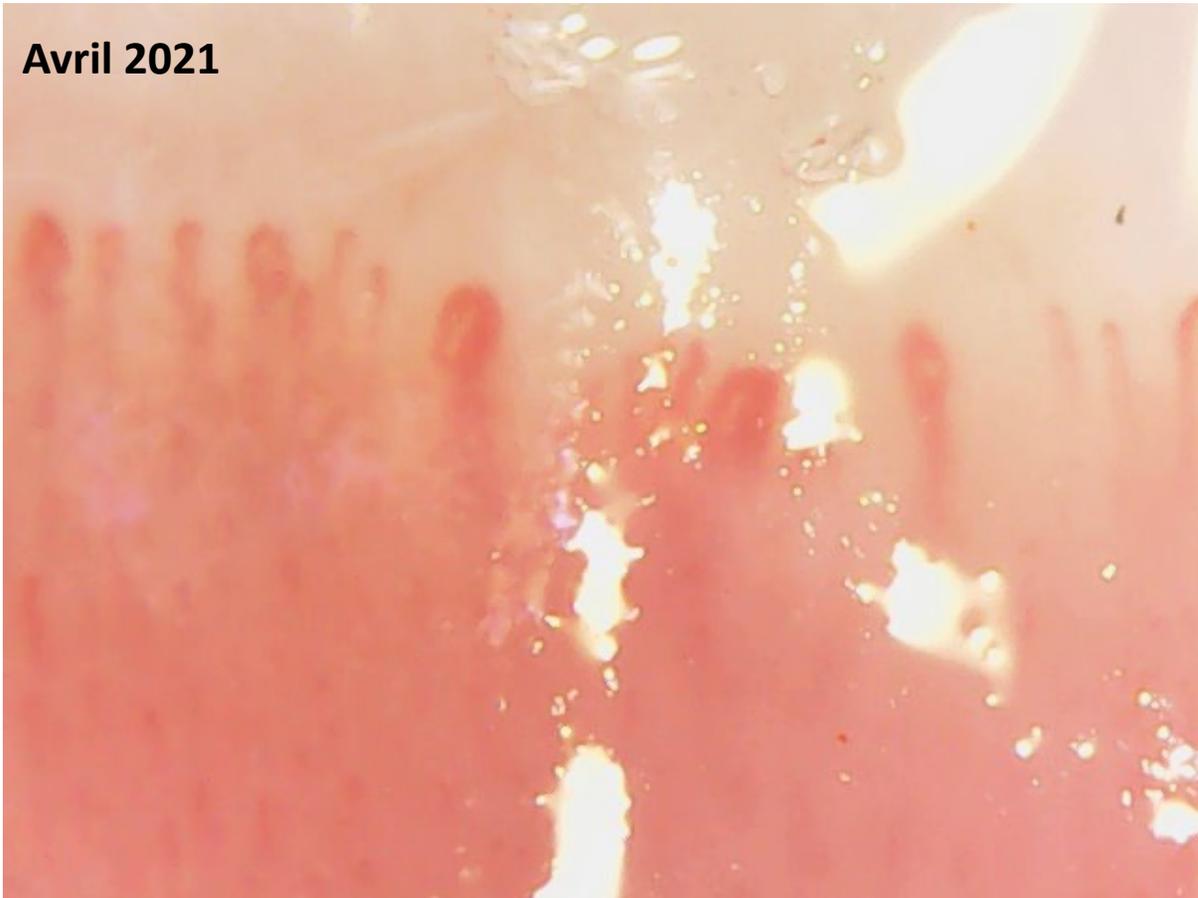
**Lupus** Femme de 55 ans ACAN + Ac antinucléosome +



# Patiente de 13 ans acrocyanose

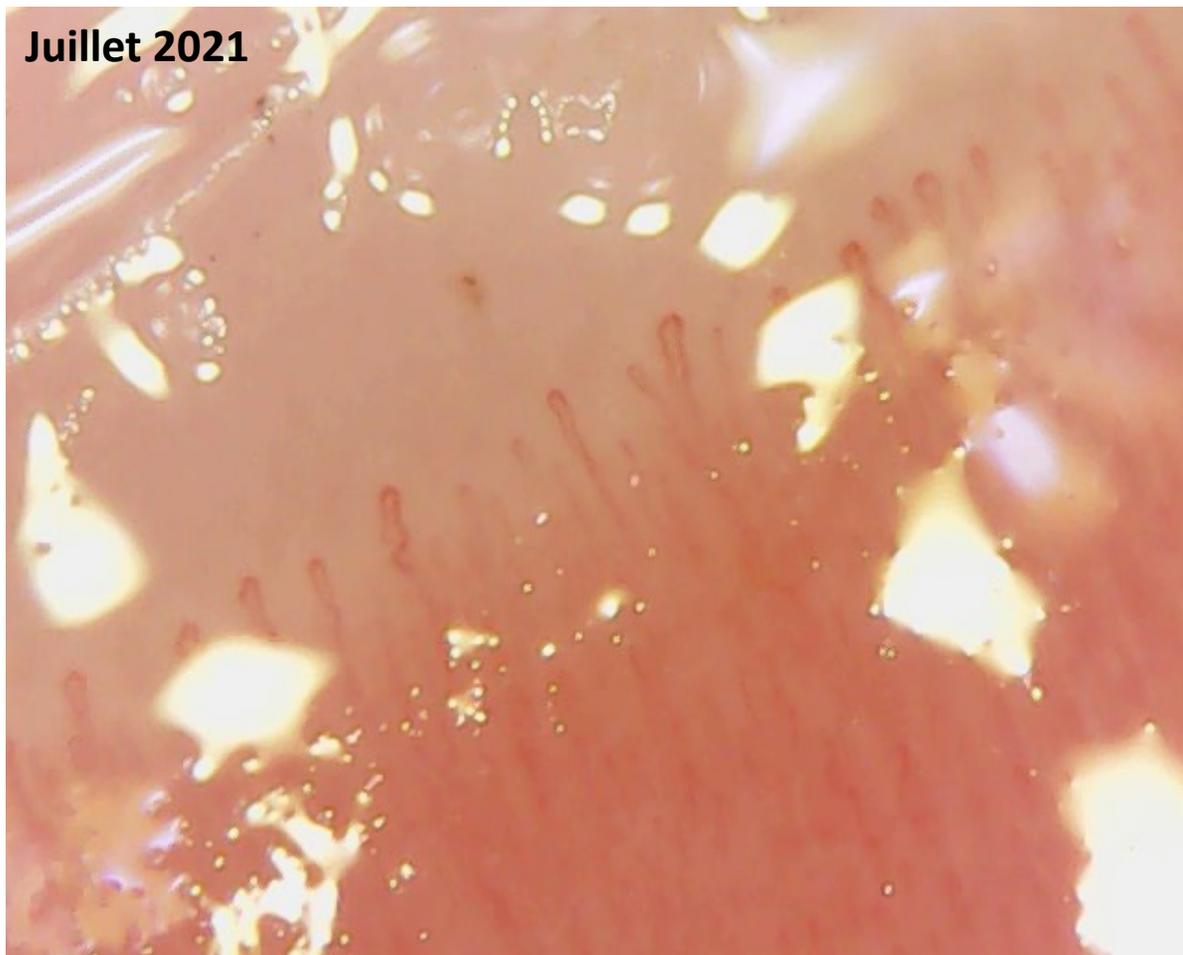
Adressée par médecin vasculaire pour suspicion de sclérodémie systémique / ACAN 1/1280 sans spécificité nombreux mégacapillaires sur capillaroscopie de ville

**Avril 2021**



# Patiente de 13 ans

Juillet 2021



# Capillaroscopie et autres acrosyndromes

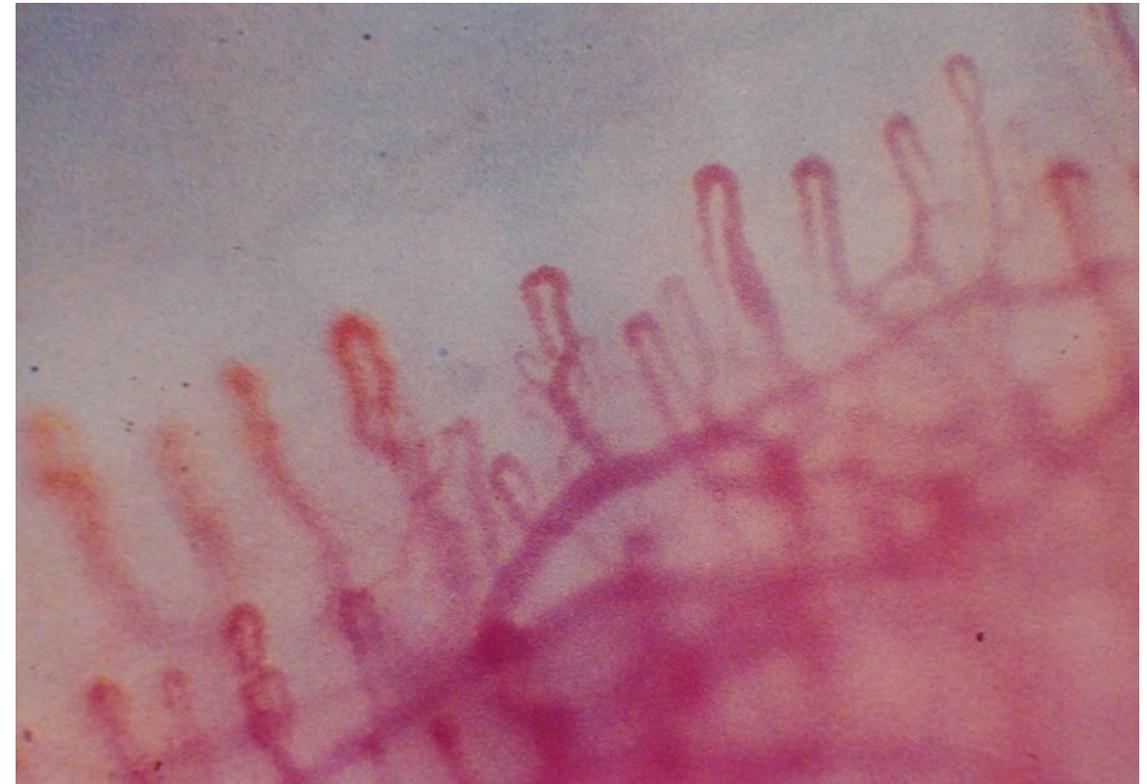
## Acrocyanose :

Nombre de capillaire augmenté ou normal

Dilatation des capillaires (surtout branche efférente)

Coloration cyanique

Plexus veinulaire dilaté



# Capillaroscopie et autres acrosyndromes

## Engelures

= Dilatation régulière de certaines boucles ou groupes de boucles capillaires

(au niveau des plaques erythrocyaniques englobant le repli unguéal)



## Erythermalgie

souvent normale dilatation des anses capillaires?

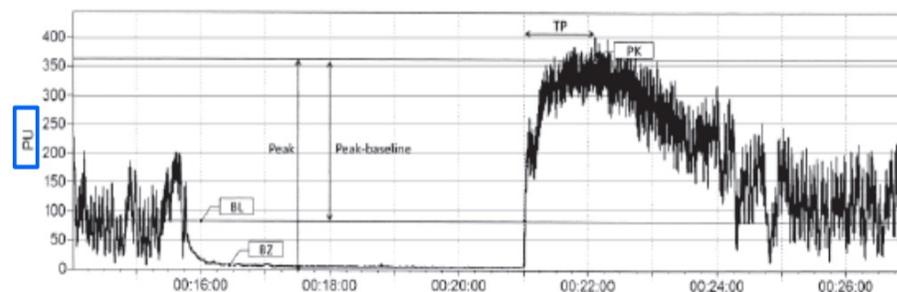


# Autres méthodes d'exploration de la microcirculation

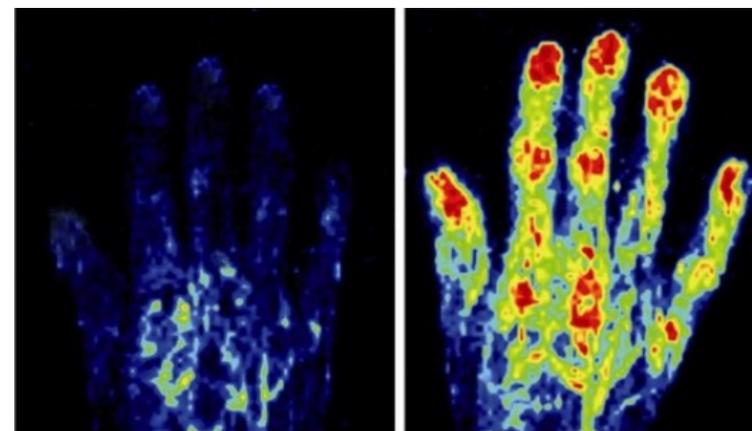
## Le laser doppler

Mesure en continu de la perfusion

→ En un point unique **LDF = Laser doppler fluxmetrie** (vitesse + débit)

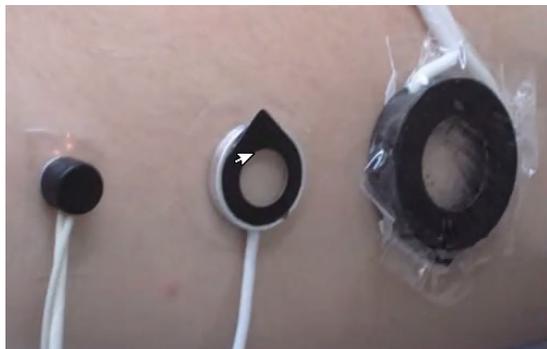


→ Sur une surface de tissu avec un doppler laser **LDI = laser doppler imageur** (perfusion)

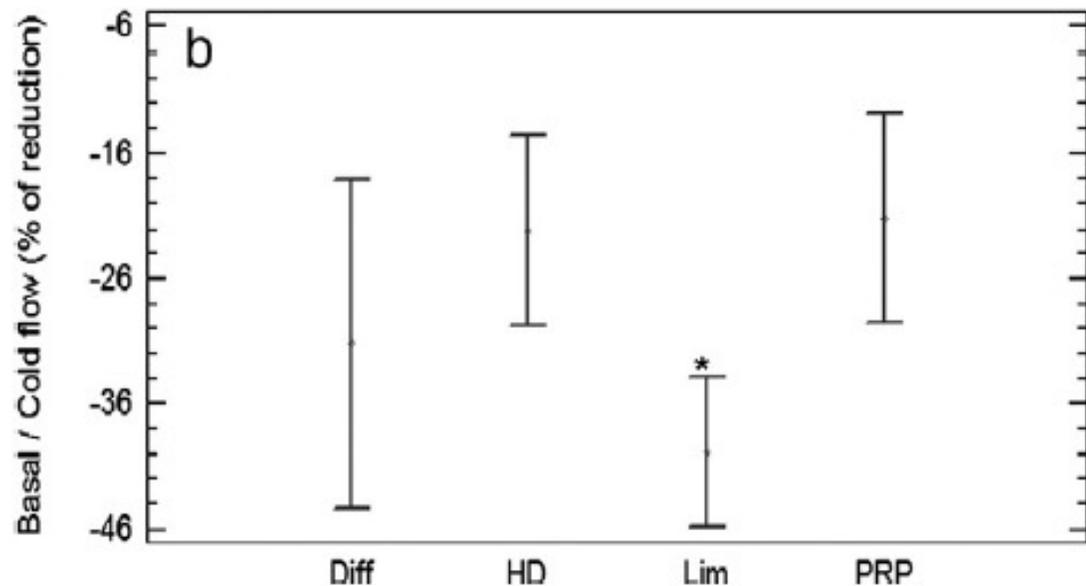


+/- associé à des tests de provocation : tests d'occlusion, tests au froid

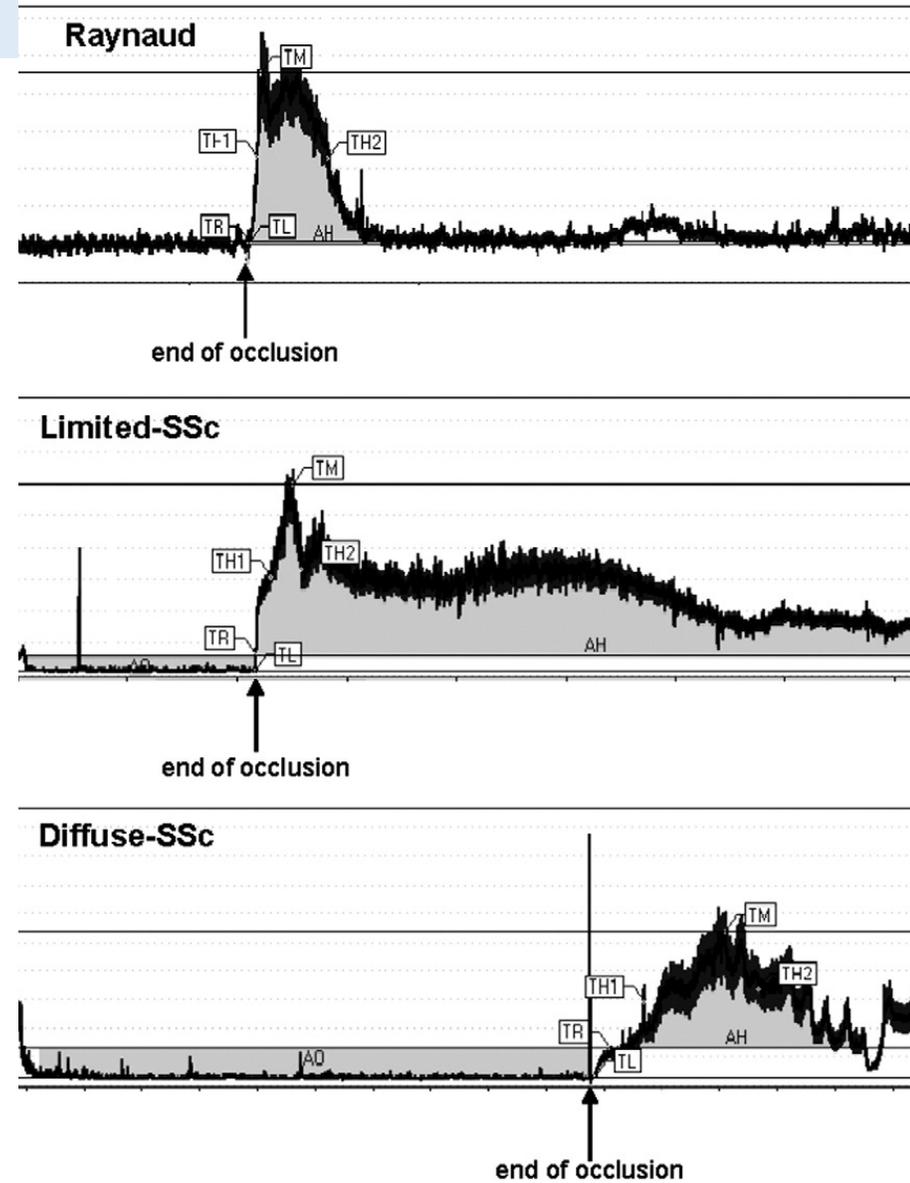
# Laser doppler flowm trie



## Test au froid



## Test d'occlusion



# Laser doppler imagerie

Patiente 60 ans ScS forme cutanée diffuse

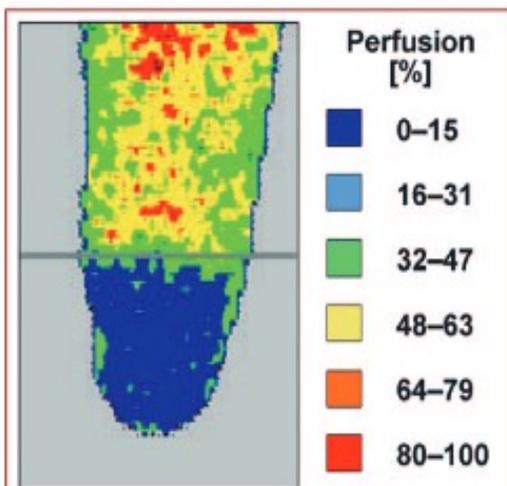


Figure 1: Basal LDPI of dorsal surface of the third finger shows absent skin blood perfusion in the distal phalanx.

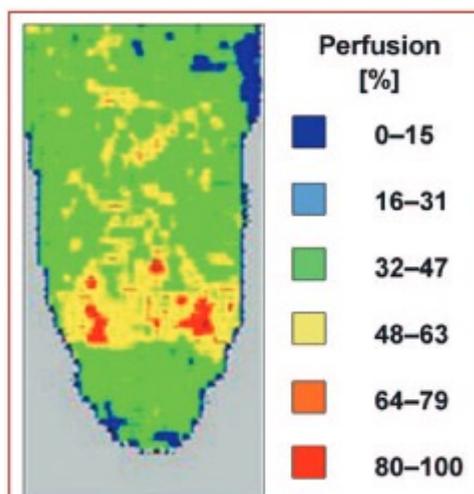
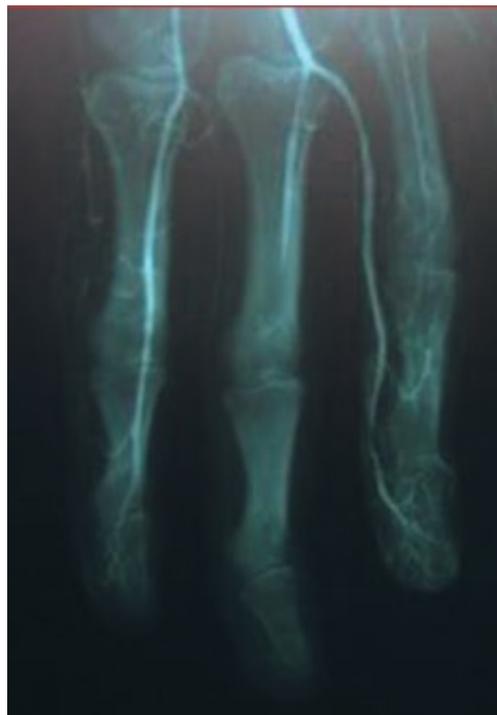


Figure 4: LDPI after two weeks from operation shows normal skin blood perfusion of distal phalanx of third right finger.



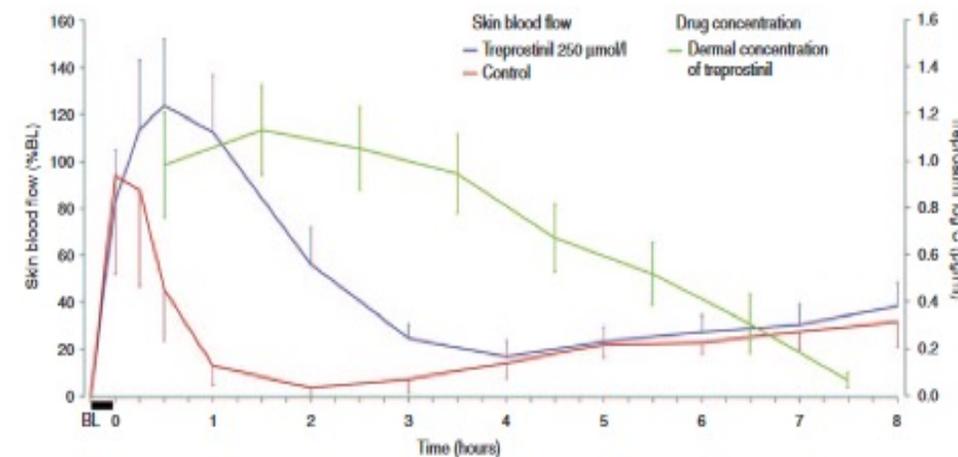
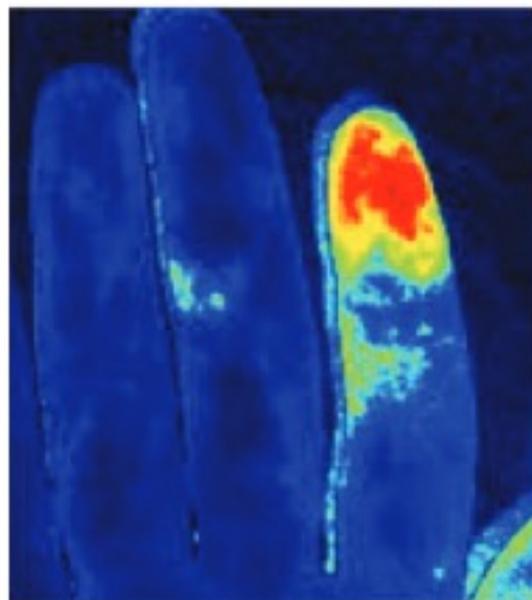
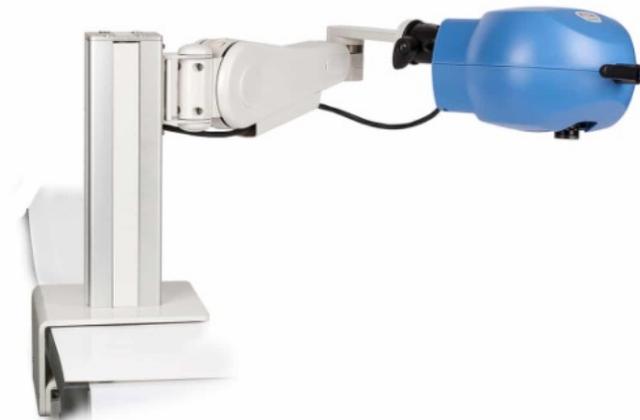
Test au froid

*Rosato E, et al. Vasa. 2009*

# Autres méthodes d'exploration de la microcirculation

## LASCA = Laser speckle contrast imaging

Analyse de la granularité du faisceau laser (motif d'interférence)



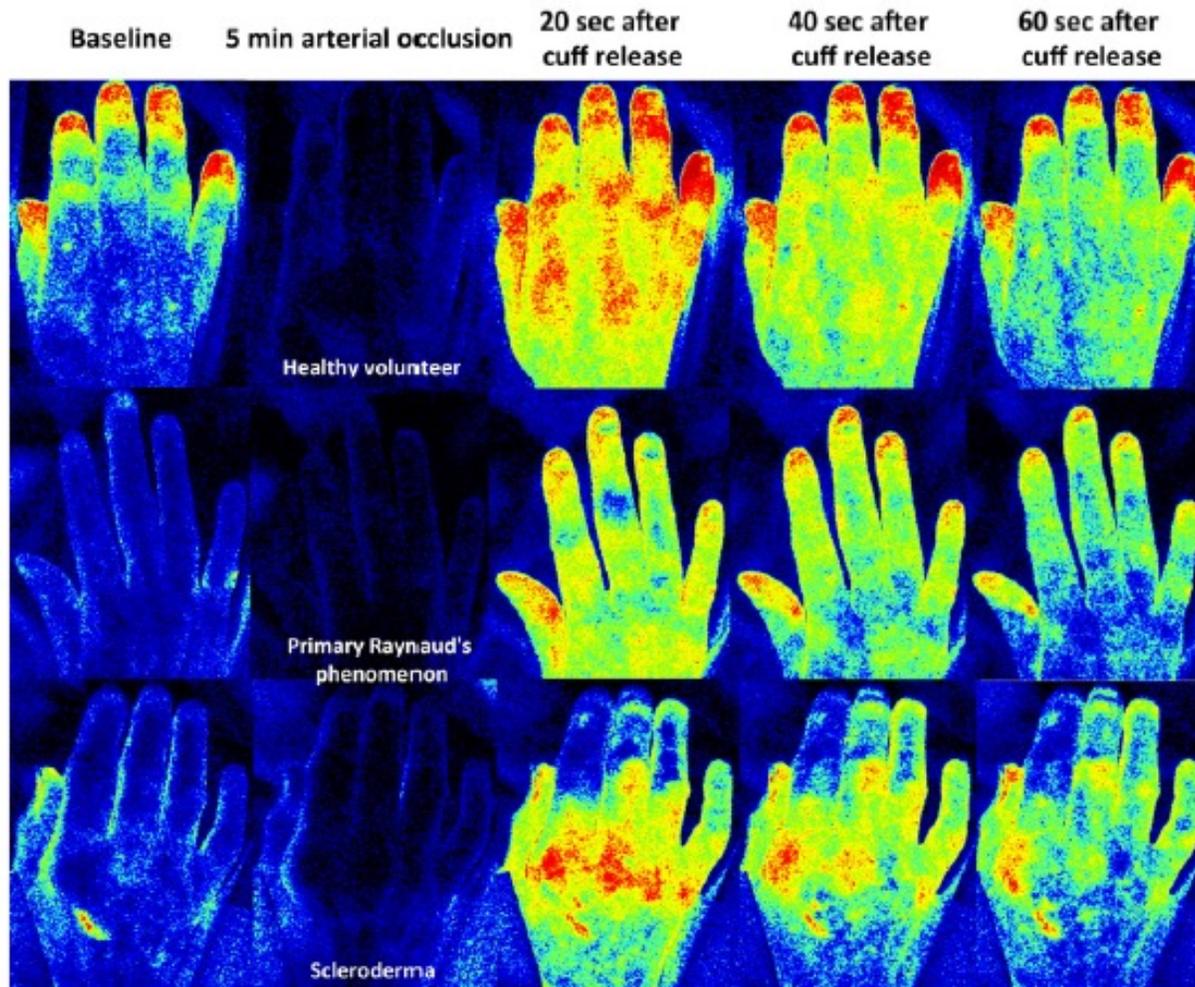
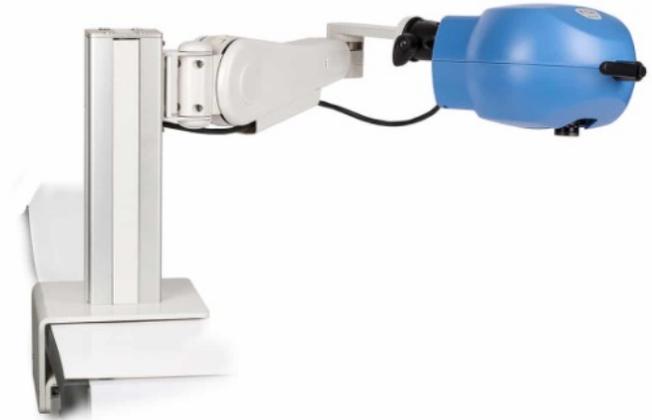
Treprostinil significantly increased skin blood flow in healthy subjects ( $P = 0.006$ ) and in SSc patients ( $P = 0.023$ )

Ionophorèse

Etude Treprostinil chez les patients sclérodermiques

# Autres méthodes d'exploration de la microcirculation

## LASCA = Laser speckle contrast imaging



In subjects presenting with Raynaud's phenomenon the amplitude of distal digital microvascular perfusion was reduced.

In contrast, the kinetics of the postocclusive hyperemic response was altered only in patients with SSc

# Autres méthodes d'exploration de la microcirculation

## La TcPO<sub>2</sub>

### Mesure de la pression transcutanée en O<sub>2</sub>

Électrode polarographique (électrode de Clark)  
Etude de la PO<sub>2</sub> cutanée en hyperémie (44° C)

Application dans l'AOMI  
Ischémie critique < 30mmHg



## La Pression de gros orteil / digitale (laser doppler)

Application AOMI  
Ischémie critique < 30 mmhg  
Vol vasculaire (FAV)



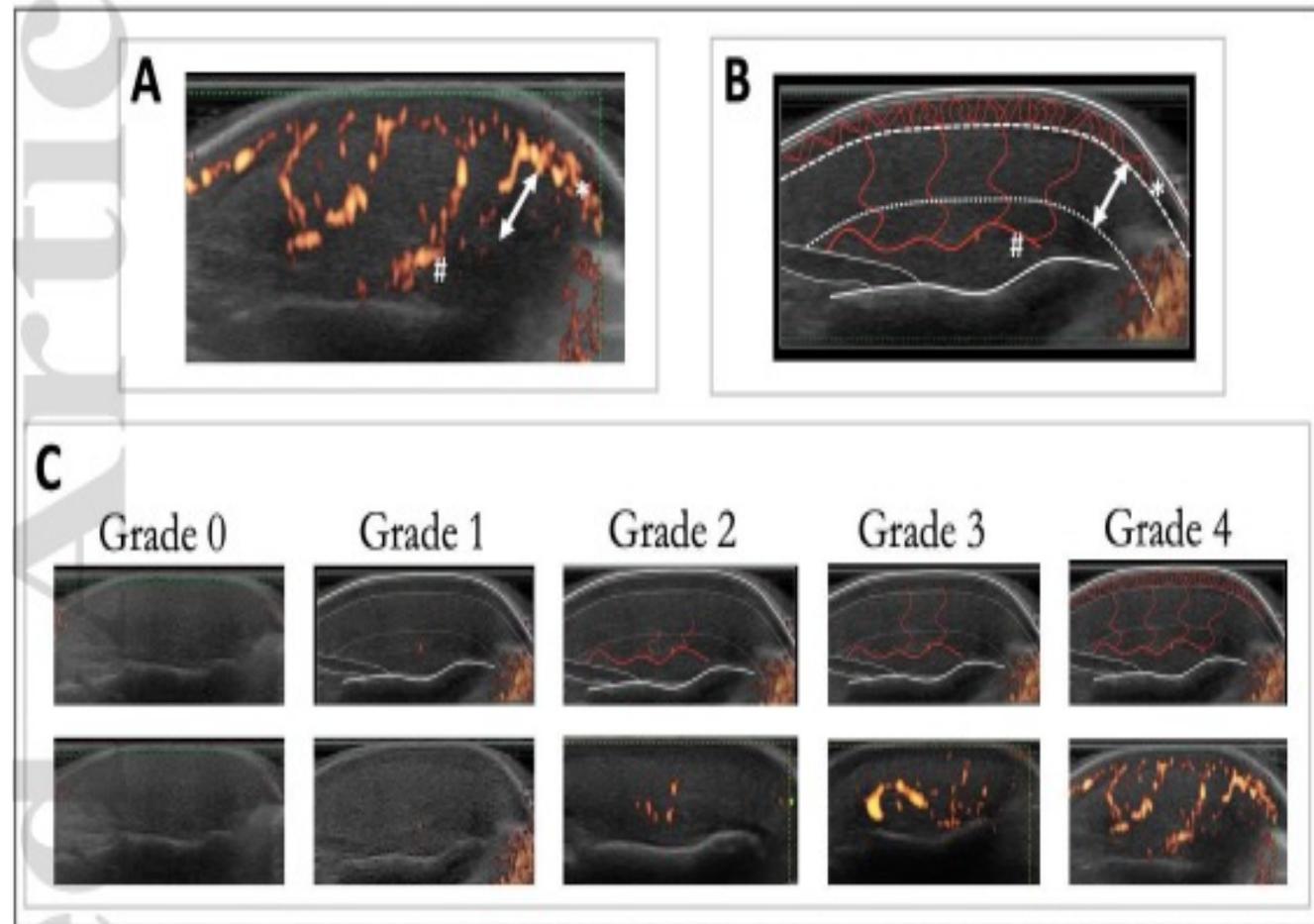
# Autres méthodes d'exploration de la microcirculation

## Echo-doppler : Etude du flux pulpaire

Grade 0 was more frequent in SSc patients than in controls (22.1% versus 3.3% ( $p < 0.05$ ))

In SSc patients, Grade 0 was associated with severity markers of the digital vasculopathy such as digital ulcers (DU) (current or past) ( $p < 0.05$ ) or ulnar artery occlusion ( $p < 0.05$ )

A pathological threshold of less than 2 (grade 0 or 1) was significantly associated with DU (OR=6.67, IC95% (2.31-19.21),  $p < 0.0001$ ).



# Autres méthodes d'exploration de la microcirculation

## Thermographie infrarouge

Mesure de la température superficielle de la peau

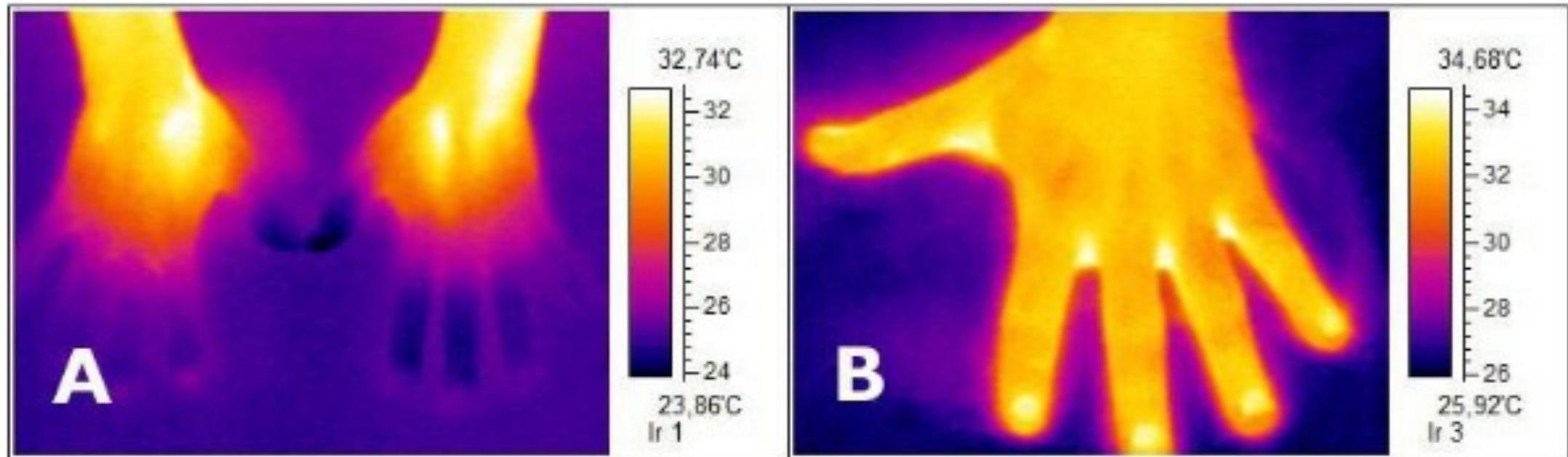
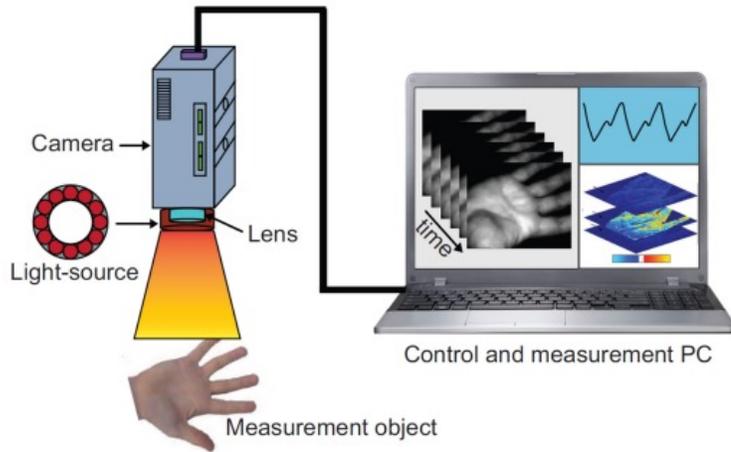


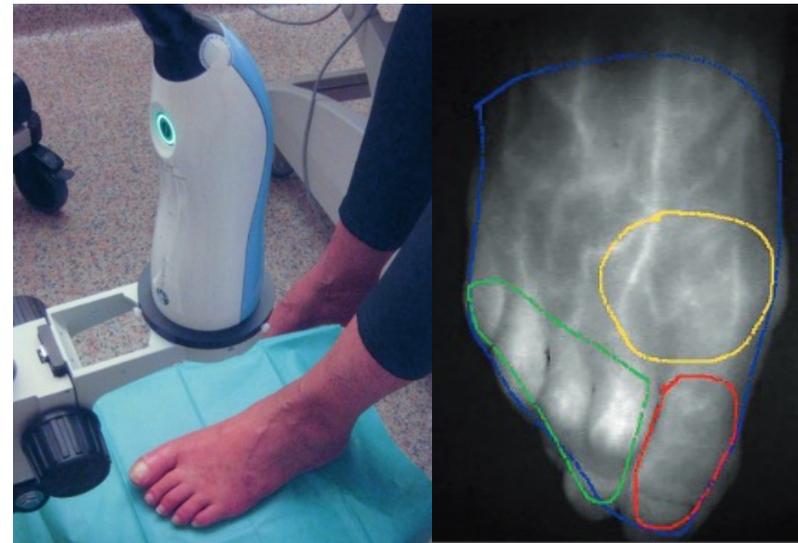
Figure 1. Typical thermographic images of (A) ET patients compared to (B) the controls. Evident decrease in the skin temperature can be observed distally from the proximal interphalangeal joint

# Nouvelles technologies d'exploration de la microcirculation

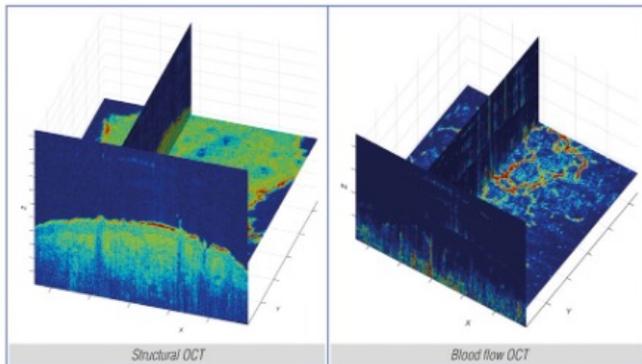
Capteurs optiques



Imaging photoplethysmography PPG  
Sun Y. IEEE Trans Biomed Eng. 2016



Fluorescence **angiography**  
(evaluation of severe **limb ischemia**)  
Seinturier C .Vasa. 2020



Dynamic optical coherence tomography (D-OCT)  
Zugaj D .Skin Res Technol. 2018

Et d'autres !!!

- Photoacoustic tomography
- Hyperspectral imaging
- Tissue viability imaging
- NIRS...





Faculté des sciences  
médicales et paramédicales  
Aix\***M**arseille Université

Hôpitaux | ap.  
Universitaires | hm  
de Marseille

MERCI  
de votre attention

# La Sclérodermie Systémique (ScS)

Maladie auto-immune rare / En France : 9000 patients  
Nette **prédominance féminine** / Age moyen : 40-60 ans

## 1. MICROVASCULOPATHIE

Raynaud



Ulcères digitaux



HTAP



Crise rénale ScS

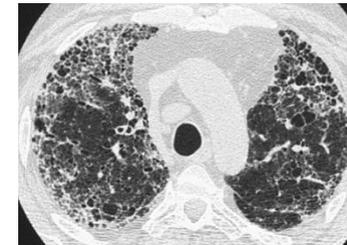


## 2. FIBROSE CUTANÉE ET VISCÉRALE

Fibrose cutanée



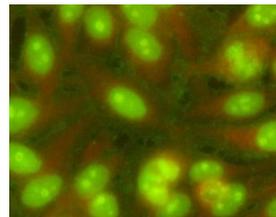
Fibrose Pulmonaire



Fibrose Œsophagienne



## 3. ETAT DYSIMMUNITAIRE



### Auto anticorps spécifiques

Ac Anti-Topoisomérase I

Ac Anti-Centromère

Ac Anti-ARN Polymérase III

Capillaroscopie = diagnostic précoce de ScS?

## Sclérodermie précoce

Sclérodermie très précoce **et au moins une atteinte viscérale**

- **Atteinte oesophagienne**
- **Diminution DLCO sans HTAP ni PINS**
- **Dysfonction cardiaque diastolique**
- **Ulcération digitale ou cicatrice, télangiectase, calcinose, arthrite**

Sans atteindre les critères diagnostiques de l'EULAR de SSc systémique

# Lupus

**Table 3** Nailfold capillaroscopy findings in SEL patients and healthy controls

Nailfold capillaroscopy findings	SLE patients	Healthy controls	P value
Number of patients	79	123	
Sex (F/M)	77/2	85/38	
Reduced number of capillaries (%)	32 (40)	7 (6)	0.000
Capillary disarrangement (%)	26 (33)	7 (6)	0.000
Tortuous capillaries (%)	42 (53)	35 (28)	0.0007
Capillaries in the form of coil or corkscrew (%)	16 (20)	0 (0)	0.000
Increase in the length of capillaries (%) <sup>a</sup>	9 (11)	1 (1)	0.0005
Meandering capillaries (%)	4 (5)	1 (1)	NS
Bizarre shaped loops (%)	2 (2)	0 (0)	NS
Thin loops (%)	16 (20)	0 (0)	0.000
Enlarged capillaries (%) <sup>b</sup>	5 (6)	0 (0)	0.0085
Loss of capillaries (%) <sup>c</sup>	6 (8)	0 (0)	0.0074
Reduced blood flow (%)	43 (54)	1 (1)	0.000
Granular blood flow (%)	5 (6)	1 (1)	0.0674
Capillary hemorrhages (%)	8 (10)	1 (1)	0.0054
Prominent subpapillary plexus (%)	19 (24)	12 (10)	0.0108
Normal capillary findings (%)	57 (72)	115 (93)	0.0001
Nonspecific capillary changes (%)	17 (21)	8 (7)	0.0032
Scleroderma-like pattern (%)	5 (6)	0 (0)	0.0085

*SLE* systemic lupus erythematosus

<sup>a</sup> The capillary loop length was determined by measuring the visible part of the capillary in relation to the venular plexus. Capillary length greater than 500  $\mu$ m was classified as increase in the length of capillaries

<sup>b</sup> Enlarged capillaries included widened loops (4–10 $\times$  normal width of capillary loops) or and giant loops (>10 $\times$  normal width of capillary loops)

<sup>c</sup> Avascular areas included small (absence of 3–5 capillary loops), medium (absence of 6 to 10 capillary loops), or large vascular deletion (absence of 11 or more capillary loops)

## Syndrome de Sjögren:

Raynaud + chez 10 à 30% des patients avec SS primaire.  
Corrélié avec présence d'Ac anti centromères ( OR à 13)

*Lin et al Clinical Rheumatology (2021) 40:4081–4087*

phénotype sclérodermique rare|

## Polyarthrite rhumatoïde:

Raynaud + ds 17% des cas  
pfs associé aux vascularites  
( Saraux et al . Br J rheum 1996)

Capillaro: tortuosités, boucles allongées, plexus visibles