

Utilità della termografia nella diagnostica degli accessi vascolari per emodialisi

Articoli originali

Giuseppe Gatta¹, Antonio Scarlatella¹, Francesco Aucella¹, Maria Nardella¹, David Perpetuini², Michele Tritto³, Daniela Cardone², Carlo Lomonte⁴, Arcangelo Merla², Filippo Aucella¹

1 U.O.C. Nefrologia e Dialisi, Fondazione "Casa Sollievo della Sofferenza" IRCCS, San Giovanni Rotondo (FG)

2 Dipartimento di Ingegneria e Geologia, Università G D'Annunzio di Chieti-Pescara

3 Next2u s.r.l. Pescara

4 U.O.C. Nefrologia e Dialisi, Ospedale "Miulli", Acquaviva delle Fonti (BA)



Giuseppe Gatta

Corrispondenza a:

Giuseppe Gatta

UOC Nefrologia e Dialisi IRCCS "Casa Sollievo della Sofferenza",

Viale Cappuccini 1

71013 San Giovanni Rotondo, ITALIA

Tel.0882/410477

E-mail: g.gatta@operapadrepio.it

ABSTRACT

La fistola artero-venosa (FAV) rappresenta l'accesso vascolare per eccellenza nei soggetti affetti da malattia renale cronica (MRC) in trattamento emodialitico. Vista la sua importanza, risulta cruciale un corretto confezionamento chirurgico e un puntuale programma di follow-up. Sebbene un buon esame obiettivo dell'arto sede di FAV fornisca utili informazioni sia per pianificare l'intervento di fistola sia nella fase di sorveglianza e monitoraggio della stessa, è ormai assodato che l'avvento della diagnostica strumentale (ecografia, angiografia digitale, Angio-TC, RM) abbia contribuito sensibilmente a migliorare la pervietà primaria e secondaria della FAV e a diagnosticare precocemente le complicanze dell'accesso vascolare. In questo ambito, la termografia clinica, una tecnica diagnostica non invasiva e funzionale che permette di valutare minime differenze di temperatura superficiali, ha mostrato buone potenzialità nella diagnostica della FAV. Infatti, l'analisi termografica di un arto sede di FAV evidenzia un incremento di temperatura nella sede della anastomosi e lungo il decorso della vena arterializzata. In questo articolo riportiamo la nostra esperienza sull'utilizzo della termografia in fase di valutazione pre-operatoria e nel post-intervento di confezionamento chirurgico di una FAV. Ulteriori studi potrebbero validare l'utilizzo della termografia clinica come tecnica diagnostica da utilizzare nel campo degli accessi vascolari per emodialisi.

PAROLE CHIAVE: termografia, emodialisi, fistola arterovenosa, valutazione della FAV pre- e postoperatoria, gestione della FAV pre- e postoperatoria

Introduzione

Ogni corpo, a una temperatura superiore allo zero assoluto, emette delle radiazioni nel campo dell'infrarosso. Queste radiazioni non sono visibili ad occhio nudo, ma possono essere captate da una termocamera e rese visibili su un comune schermo LCD. L'intensità delle radiazioni aumenta con l'incremento della temperatura del corpo in esame.

Il corpo umano ha una temperatura media di circa 36,5 °C, una termocamera è quindi in grado di captare le radiazioni emesse e di evidenziare le variazioni di temperatura dei vari distretti corporei.

Esiste una branca della medicina chiamata "termografia clinica" che studia, per mezzo di una termocamera, le variazioni di temperatura del corpo umano indotte da fenomeni fisiologici o patologici. La termografia clinica trova applicazione principalmente nella diagnostica dermatologica, neuropsicologica, angiologica e reumatologica.

La temperatura degli arti è direttamente condizionata dalla circolazione ematica: più un arto è perfuso più è caldo. Questa caratteristica rende gli arti suscettibili allo studio termografico (Figura 1).

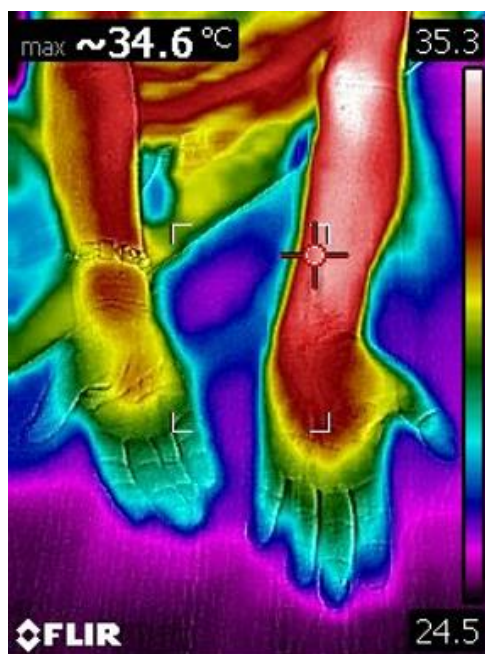


Figura 1. Immagine termografica degli arti superiori: l'arto superiore di sinistra è sede di una FAV distale. L'incremento del flusso ematico dovuto alla presenza della FAV comporta un incremento della temperatura cutanea reso evidente dalla differenza di colore delle aree cutanee di interesse ed è valutabile dal confronto con la scala calorimetrica, a destra dell'immagine.

I soggetti affetti da Malattia Renale Cronica (MRC) in fase terminale che scelgono l'emodialisi come trattamento sostitutivo necessitano di un accesso vascolare che garantisca un flusso ematico (Q_b) verso il dializzatore superiore a 250 ml/min, e una sua reinfusione nel circolo ematico. Esistono 3 tipi di accesso vascolare: la fistola artero-venosa nativa (FAV); la protesi vascolare (PV) e il catetere venoso centrale (CVC).

I dati clinici hanno dimostrato che la FAV rappresenta il miglior tipo di accesso vascolare, in quanto si associa ad un minor numero di complicanze e la sua presenza si correla a una maggior sopravvivenza dei soggetti che ne sono portatori [1, 2].

L'accesso vascolare (AV) dialitico, sia esso FAV o PV, è un by-pass diretto creato abitualmente fra un'arteria e una vena dell'arto superiore; come tale riduce fortemente le resistenze vascolari

periferiche e di conseguenza aumenta criticamente il flusso ematico della arteria e della vena arterializzata. La portata di una fistola matura funzionante, valutata sulla arteria brachiale omolaterale, deve essere superiore a 600 ml/min, circa 10 volte il flusso di una arteria brachiale non condizionata da una FAV. Come detto in precedenza, l'aumento del flusso ematico comporta una variazione di temperatura dell'arto non sempre percepibile al termotatto e difficilmente rilevabile con dei termometri direttamente applicati sulla cute.

L'analisi termografica dell'arto superiore sede di FAV evidenzia nettamente le differenze di temperatura indotte dalla presenza di una FAV o PV rilevando sia le aree di iperemia che quelle di ischemia eventualmente indotte dalla presenza della stessa FAV. Ad oggi, sono noti pochi articoli scientifici che riportano l'uso della termografia finalizzato allo studio degli accessi vascolari per emodialisi [3–7]. La disponibilità di una termocamera professionale FLIR A500 e del relativo software ci ha permesso di trarre alcune considerazioni sull'applicazione di tale tecnologia nello studio degli accessi vascolari, in particolare nella valutazione preoperatoria, intra-operatoria e nel monitoraggio delle eventuali complicanze che si possono verificare nell'immediato post-operatorio o nel corso degli anni successivi all'intervento.

La FLIR A500 è una telecamera termografica che presenta una risoluzione di 464 × 348 pixel e può rilevare temperature che vanno da -20°C a 1500°C. La telecamera offre obiettivi intercambiabili con diversi campi visivi e funzionalità di messa a fuoco manuale e automatica. Possiede una sensibilità termica che va da <30 mK a <50 mK, a seconda dell'obiettivo, e opera in una gamma spettrale di 7,5 – 14 μm. La massima frequenza di campionamento della termocamera è di 30 Hz.

Tutte le indagini termografiche sono state condotte dopo la permanenza del soggetto da esaminare in un ambiente a temperatura di circa 25 °C per un periodo di circa 30 minuti.

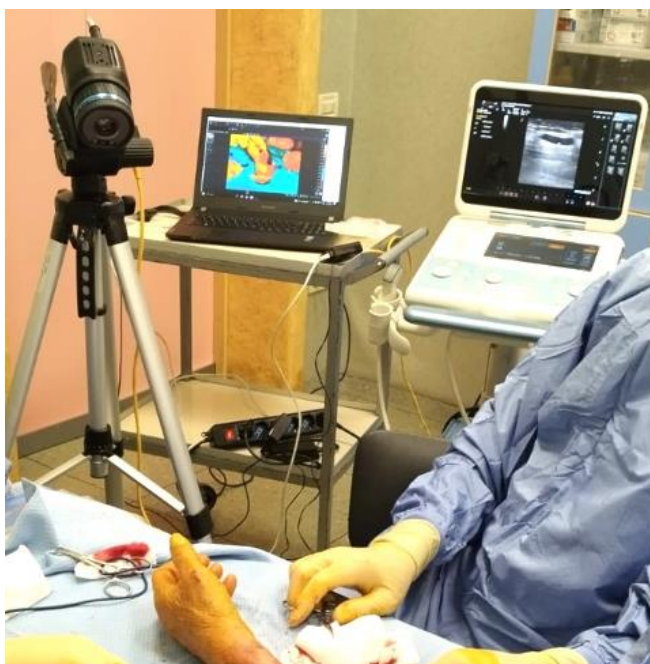


Figura 2. Termografia in corso di intervento chirurgico di confezionamento FAV.

La termografia nella valutazione preoperatoria

L'esecuzione di una FAV non può prescindere da una attenta valutazione preoperatoria che si basa sia sull'esame obiettivo che sul mapping ecografico vascolare dell'arto superiore. Indagini di secondo livello come la angiografia e la angio-TC sono riservate a casi specifici [8–11].

Studio flebografico dell'arto superiore

Il gold standard per la valutazione delle vene dell'arto superiore e della loro continuità con i vasi venosi centrali è rappresentato dalla flebografia digitale. Tale esame permette di rilevare la presenza di stenosi venose periferiche e dei vasi venosi centrali fino alla loro confluenza in atrio, evidenzia inoltre il circolo venoso profondo dell'arto superiore. La possibilità di diagnosticare una stenosi e di trattarla in un'unica sessione è un'evidente peculiarità di questa metodica [12]. Gli alti costi, il rischio di reazioni a mezzo di contrasto, l'esposizione a radiazioni ionizzanti, la sempre maggiore difficoltà ad eseguire l'esame in tempi rapidi, relegano il ricorso a questa metodica a casi selezionati, quando l'esame ecografico non riesce a dirimere dei dubbi diagnostici, per lo più legati alla presenza di stenosi o di vasi venosi collaterali. La termografia ci ha permesso di integrare la valutazione ecografica e di individuare la pervietà e il decorso della vena candidata all'anastomosi della FAV utilizzando come "mezzo di contrasto" una soluzione fisiologica fredda (15 °C) somministrata alla velocità di 20 ml/min attraverso una agocannula di piccolo calibro (23 G) posizionata nel vaso venoso distalmente al sito previsto di anastomosi. Dopo un tempo di latenza variabile, condizionato anche dalla profondità del vaso, e comunque non superiore ai 30 secondi, si evidenziava il tratto superficiale della vena e l'eventuale presenza di stenosi o collaterali venose da escludere durante l'intervento (Figura 3). L'immediata rimozione dell'agocannula e il ridotto traumatismo legato al calibro ridotto della stessa hanno permesso di evitare complicanze flebitiche o trombotiche a carico della vena.

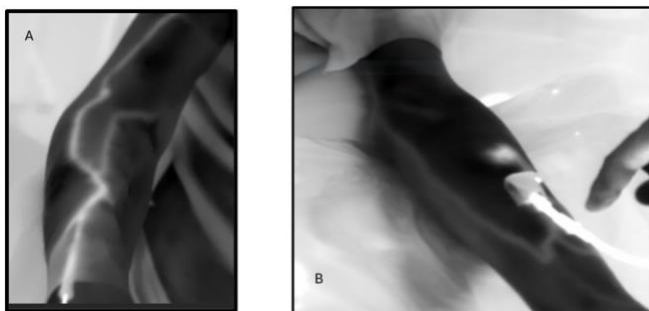


Figura 3. A) Immagine termografica: la somministrazione endovenosa di soluzione fisiologica a temperatura di circa 15 °C evidenzia il decorso superficiale delle vene. B) L'immagine termografica evidenzia un netto stop al deflusso della soluzione fisiologica fredda attraverso la vena mediana dell'avambraccio e un decorso preferenziale attraverso la vena basilica.

Abbiamo confrontato la flebografia digitale con la flebografia eseguita con la termocamera, trovando una discreta corrispondenza nell'evidenziare i vasi venosi superficiali. A differenza della metodica radiologica, la termografia non è in grado di evidenziare i vasi venosi profondi e le vene centrali (succlavia, anonima, cava superiore) (Figura 4).

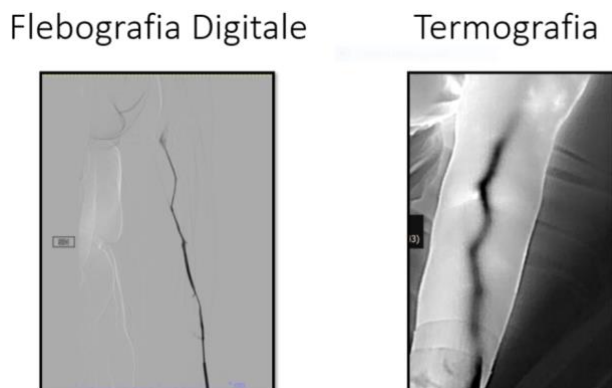


Figura 4. Arto superiore di sinistra. Confronto fra immagine radiologica flebografica digitale e immagine termografica ottenuta con l'infusione di soluzione fisiologica attraverso la stessa agocannula.

Studio della perfusione arteriosa

La valutazione Eco-Color-Doppler (ECD) della circolazione arteriosa del braccio è indispensabile sia per stabilire la idoneità del vaso da utilizzare per la anastomosi sia per prevenire l'ischemia indotta dalla presenza della fistola [13].

Nella nostra esperienza, nei casi in cui il diametro e il flusso delle arterie radiale e ulnare risultavano ridotti, la termografia evidenziava aree cutanee ipotermiche, segno di ipoperfusione periferica (Figura 5).

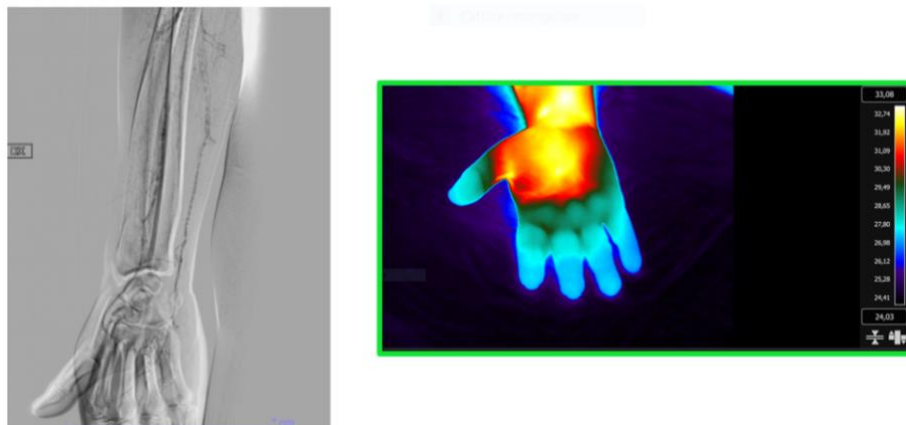


Figura 5. Angiografia arteriosa dell'arto superiore di destra: severa compromissione della circolazione arteriosa, l'immagine termografica della stessa mano evidenzia delle aree distali nettamente più fredde, segno di ipoperfusione.

Il test della iperemia reattiva dopo ischemia indotta (PORH) viene eseguito prima del confezionamento della FAV e offre l'opportunità di valutare la vasoattività della circolazione dell'arto superiore [11]. La metodica di riferimento prevede il campionamento con il PW-doppler degli indici di resistenza (IR) sulla arteria radiale prima, durante e dopo un periodo di ischemia indotta attraverso la contrazione dei muscoli dell'avambraccio mantenendo il pugno chiuso per circa 2 minuti. La riduzione dell'IR ($< 0,8$) nella immediata fase di rivascolarizzazione è considerato un indice predittivo positivo di pervietà primaria della FAV.

Abbiamo eseguito un'indagine di confronto fra termografia e PW-doppler nello studio della iperemia reattiva. Al fine di ottenere l'ischemia dell'avambraccio, veniva applicato un bracciale sfigmomanometrico al braccio e gonfiato a una pressione superiore a 50 mmHg rispetto alla pressione sistolica del soggetto in esame. Dopo 3 minuti, necessari a ottenere l'ischemia, si induceva la fase di rivascolarizzazione desufflando completamente il bracciale.

Mediante il PW-doppler venivano individuati 7 soggetti con test della iperemia reattiva positivo e quindi considerati sani e 7 soggetti con test negativo e quindi considerati vasculopatici.

Gli stessi soggetti ripetevano il test monitorando con la termocamera la perfusione dell'avambraccio e della mano. Nella fase di iperemia, i soggetti sani presentavano un netto incremento di temperatura della mano ($3,22 \pm 1,18$ °C) (Figura 6). Nei soggetti definiti vasculopatici la stazionarietà degli indici di resistenza corrispondeva a un ridotto incremento di temperatura nella fase di rivascolarizzazione ($1,43 \pm 0,89$ °C) (Figura 7). Questo ci permetteva di concludere che lo studio termografico restituisce risultati sovrapponibili all'esame eseguito con il PW-doppler [14].

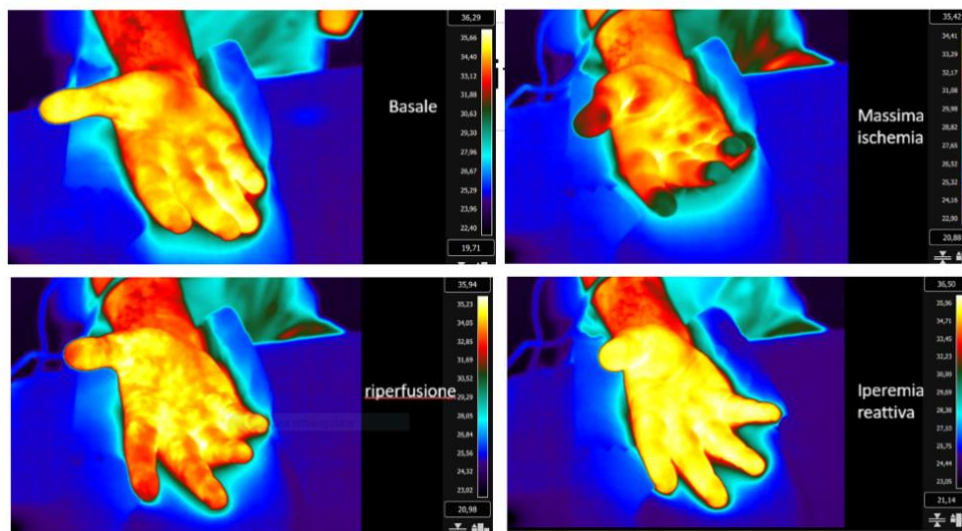


Figura 6. Iperemia reattiva in un soggetto sano. La termografia evidenzia il netto incremento della perfusione ematica dopo un periodo di ischemia.

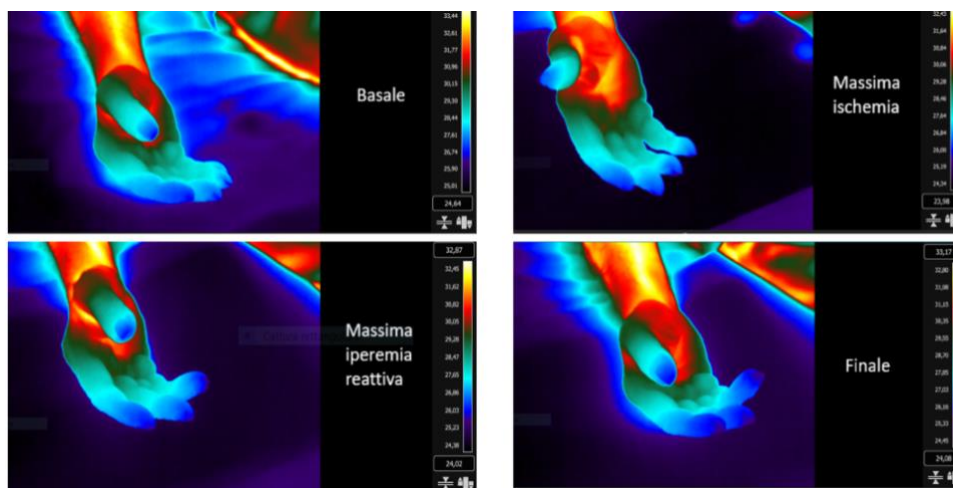


Figura 7. Test dell'iperemia reattiva in un soggetto vasculopatico. In tal caso a una fase di ischemia indotta non segue la iperemia reattiva.

Sorveglianza della FAV

Il monitoraggio clinico e la sorveglianza della fistola sono indispensabili per valutare la buona funzionalità della fistola e per diagnosticare precocemente eventuali complicanze suscettibili di correzione [15].

L'analisi termografica diretta dell'arto sede di una fistola funzionante evidenzia, come conseguenza della maggior perfusione ematica, un'area con temperatura maggiore nei distretti vascolarizzati dalla FAV e in sede di anastomosi.

A differenza delle vene native non arterializzate, la somministrazione di soluzione fisiologica fredda o calda in una vena arterializzata non permette di definire ulteriormente l'anatomia vascolare del vaso perfuso, in quanto l'elevata velocità di flusso della FAV allontana rapidamente la soluzione infusa, non determinando a livello cutaneo un ulteriore incremento del gradiente termico necessario per evidenziare una differenza cromatica nella scala calorimetrica. La termografia ha permesso invece di individuare con una sensibilità e specificità elevata il fenomeno dell'ischemia distale secondaria alla creazione di una FAV.

Come è noto, l'ischemia distale alla presenza di una fistola per emodialisi è una seria, ma infrequente complicanza. Con il termine HAIDI (Haemodialysis Access-Induced Distal Ischemia) si intende una condizione di ridotto rilascio di ossigeno all'estremità di un arto dove è presente una FAV a causa di una ridotta perfusione capillare, come conseguenza di una ridotta pressione di perfusione o di un incremento della resistenza al deflusso di sangue [16]. Da un punto di vista eziologico si possono configurare due varianti di ischemia della mano: una ipossica, legata all'ipoperfusione arteriosa, e una stagnante, dovuta all'incremento delle pressioni venose. Clinicamente la HAIDI si può manifestare acutamente nell'immediato postintervento o in forma cronica a distanza di alcune settimane o mesi dall'intervento [17]. Nella nostra esperienza, la termografia per la sua immediatezza e sensibilità si è dimostrata molto utile nella diagnosi e valutazione della sindrome HAIDI, risultando molto più sensibile dell'esame obiettivo nel diagnosticare le forme di ischemia lieve. Inoltre, ci ha permesso di valutare l'evoluzione della HAIDI nei mesi successivi all'intervento di FAV prossimale o protesica (Figura 8).

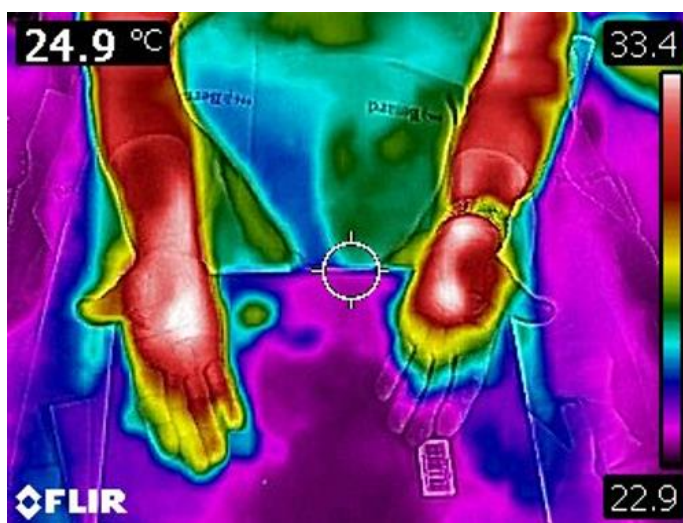


Figura 8. A sinistra l'arto sede di FAV brachio-cefalica mostra un'ischemia distale asintomatica.

Nelle forme di ischemia da ipertensione venosa, oltre alla ipoperfusione della mano, è stato possibile visualizzare anche il vaso collaterale accessorio responsabile della ipertensione venosa, rendendo non necessaria la flebografia digitale [18, 19]. Nei casi dubbi la termografia è stata utile nel distinguere la sindrome da ipoperfusione da altre patologie che mimano l'ischemia per segni e sintomi (tunnel carpale, neuropatie periferiche, onicomicosi ungueale). Lo studio termografico diretto evidenzia con immediatezza la presenza di numerosi vasi venosi collaterali che si creano a seguito di una stenosi della vena arterializzata, permettendo di focalizzare in aree meglio definite lo studio ECD di approfondimento (Figura 9).

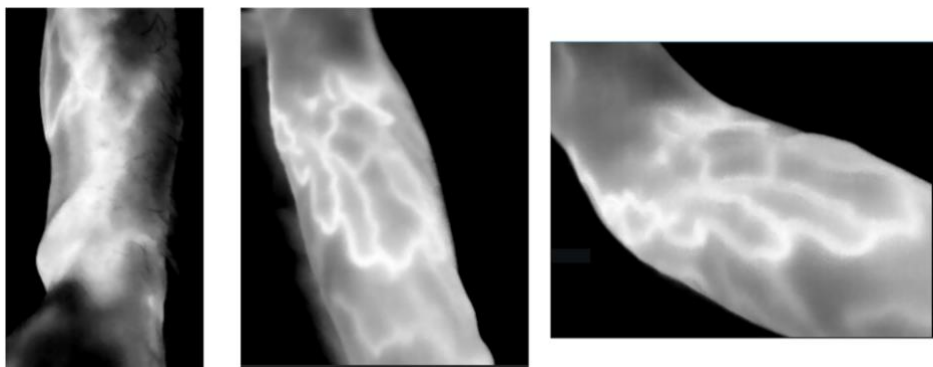


Figura 9. Stenosi della vena cefalica arterializzata. L'analisi termografica diretta evidenzia la fitta rete di circoli collaterali distali alla stenosi.

Discussione

Numerosi studi hanno dimostrato che la FAV rappresenta il miglior accesso vascolare per emodialisi. In termini di mortalità, i soggetti portatori di FAV hanno una maggior sopravvivenza rispetto ai portatori di catetere venoso centrale (CVC) [1]. Questo dato ormai acclarato ha indotto nefrologi e chirurghi vascolari ad ampliare i criteri di elegibilità all'intervento di FAV, a sorvegliare e a revisionare precocemente le FAV malfunzionanti.

Per la presenza di numerose comorbidità e di una casistica sempre più complessa, il solo esame obiettivo dell'arto candidato all'intervento è da considerarsi insufficiente per progettare in modo accurato l'intervento di FAV. Per tale motivo, la diagnostica strumentale ha assunto un ruolo sempre più determinante in fase di progettazione di un accesso vascolare, ma anche in corso di intervento (ECD – flebografia intraoperatoria) e sorveglianza di una FAV [8–15].

Attualmente, ecografia doppler, angiografia, angio-TC e angio-RM [1] sono le metodiche di riferimento a cui si fa ricorso per la valutazione preoperatoria, la sorveglianza e lo studio delle complicanze degli accessi vascolari. Fra tutte, l'ecografia, per accuratezza e relativa facilità di esecuzione, è quella più diffusa. È un esame facilmente ripetibile, non comporta rischi biologici e il suo utilizzo in corso di intervento di allestimento e/o revisione della FAV è ormai routinario.

La termografia clinica è una nota branca della termografia che ha trovato applicazione in senologia, dermatologia, reumatologia. In angiologia è stata utilizzata per valutare l'efficacia degli interventi di rivascolarizzazione degli arti inferiori.

L'utilizzo della termografia nella valutazione diagnostica degli accessi vascolari, da quanto riportato nei pochi report presenti in letteratura, ad oggi si è limitato allo studio dell'ischemia distale e alla valutazione della portata della FAV [3–7]. La disponibilità di una termocamera professionale ci ha permesso di trarre alcune considerazioni sull'applicazione della termografia clinica nel campo degli accessi vascolari per emodialisi.

Nella analisi preoperatoria, mediante l'infusione di soluzione fisiologica fredda, ha reso possibile lo studio del decorso della vena candidata alla anastomosi. Inoltre, ha permesso di valutare il circolo arterioso con la analisi diretta della perfusione distale, il test di Allen in realtà aumentata e il test della iperemia reattiva. Altrettanto interessanti sono state le informazioni ottenute nel monitoraggio e sorveglianza delle FAV. L'analisi diretta in alcuni casi ha evidenziato decorsi anomali delle vene arterializzate, spesso dovuti a stenosi o alla presenza di vene accessorie, che ad una prima analisi ecografica non erano evidenti. Nelle HAIDI la termografia è risultata utile in quanto mezzo diagnostico molto sensibile e specifico, specialmente nei casi di lieve entità o nella diagnosi differenziale con le sindromi dolorose delle mani sostenute da tunnel carpale, artrosi o altra causa.

In corso di intervento chirurgico abbiamo valutato in tempo reale la pervietà e il decorso della vena da anastomizzare, la perfusione della mano durante il clampaggio della arteria brachiale e, negli interventi per HAIDI, l'efficacia dell'azione correttiva.

Per quanto detto, lo studio termografico della FAV potrebbe avere un ruolo complementare agli strumenti diagnostici già in uso. Fra i vantaggi offerti da questa tecnica vanno ricordate la facilità di esecuzione, la panoramicità, l'assenza di effetti lesivi diretti sul paziente e sull'operatore, la possibilità di registrare le acquisizioni termografiche in formato video e l'analisi in post-processing con un software specifico. Uno dei limiti più importanti è l'analisi diretta ristretta alla sola superficie cutanea. Al fine di stabilire se la termografia possa avere un ruolo concreto nella diagnostica strumentale degli accessi vascolari saranno necessari ulteriori studi sia per meglio definire e uniformare le modalità di acquisizione delle immagini termografiche sia per avere un confronto con le metodiche già validate.

BIBLIOGRAFIA

1. Lok CE, Huber TS, Lee T, et al; KDOQI Vascular Access Guideline Work Group KDOQI clinical practice guideline for vascular access: 2019 update. *Am J Kidney Dis.*2020; 75 (suppl.2): S1-S164. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2019.12.001>.
2. Gallieni M, Hollenbeck M; Iustoloni N et al. Clinical practice guideline on peri and postoperative care of arteriovenous fistulas and grafts for haemodialysis in adults. *Nephrol Dial. Transplant* 2020 Oct 1; 356 (10): 1824. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfz072>.
3. Masselot, JP Adhémar, J Laederich, D Kleinknecht. Thermography: an alternative to angiography for vascular access survey in haemodialysis. *JP Proc. EDTA* (1979) Vol.16.
4. John Allen et al 2006. Thermography and colour duplex ultrasound assessments of arteriovenous fistula function in renal patients. *Physiol. Meas.* 27 51. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/27/1/005>.
5. Al Shakarchi J, Mellor Steve, Inston Nicholas. The novel use of infrared thermal imaging as an adjunct for the management of haemodialysis access induced distal ischemia. *J Vasc Access* 2016; 17 (4): e70-e72. <https://doi.org/10.5301/jva.5000524>.
6. Al Shakarchi J, Hodson J, Field M, Inston N. Novel use of infrared thermal imaging to predict arteriovenous fistula patency and maturation. *J Vasc Access* 2017; 18 (4): 313-318. <https://doi.org/10.5301/jva.5000729>.
7. Novljan G., Rus R., Koren-Jeverica A et al. Detection of dialysis access induced limb ischemia by infrared thermography in children. *Therapeutic Apheresis and Dialysis*: 15 (3): 298-305. <https://doi.org/10.1111/j.1744-9987.2011.00955.x>.
8. Alfano G., Fontana F, Iannaccone M et al. Preoperative management of arteriovenous fistula (AVF) for hemodialysis. *J Vasc Access* 2017; 18 (6): 451-463. <https://doi.org/10.5301/jva.5000771>.
9. Lima A., Carrilho P., Germano A. Clinical and ultrasound evaluation for hemodialysis access creation. *Nefrologia* 2022; 42 (1): 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2022.03.006>.
10. Vandana Dua Niyayar. Preoperative Evaluation: Physical examination. *Interventional Nephrology* 7 – 13. Springer Science+Business Media New York 2014. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81155-6_2.
11. Malovrh M. Native arteriovenous fistula: preoperative evaluation. *Am J Kidney Dis*, Vol 39, No 6 (June), 2002: pp 1218-1225. <https://doi.org/10.1053/ajkd.2002.33394>.
12. Gonzales Tomas V, Bookwalter Candice A. Foley Thomas et al. Multimodality imaging evaluation of arteriovenous fistulas and grafts: a clinical practice review. *Cardiovasc Diagn Ther* 2023; 13 (1): 196-211. <https://doi.org/10.21037/cdt-22-439>.
13. Gubensek Jakob. The role of ultrasound examination in the assessment of suitability of calcified arteries for vascular access creation- mini review. *Diagnostic* 2023, 13, 2660. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13162660>.
14. Perpetuini, David, et al. Preliminary Findings on the Use of Infrared Thermal Imaging for the Detection of Reactive Hyperemia in the Upper Limb on Vasculopathic Patients. *Engineering Proceedings* 51.1 (2023): 3. <https://doi.org/10.3390/engproc2023051003>.
15. Quarello F, Forneris G, Pozzato M. La sorveglianza clinica e strumentale della fistola arterovenosa. *Giornale Italiano di Nefrologia/Anno* 21 n.4, 2004/pp.317-330.
16. Leach RM and Treacher DF. ABC of oxygen. Oxygen transport -2. Tissue hypoxia. *BMJ* 1998; 317 (7169): 1370-1373.
17. Pirozzi N, De Alexandris L, Scrivano J, Fazzari L., J Malik. Ultrasound evaluation of dialysis access-related distal ischaemia. *The Journal of Vascular Access* 2021, Vol. 22 (IS) 84-90. <https://doi.org/10.1177/1129729820932420>.
18. Anju Shelar, Manjunath Maruti Pol, Manav Manohar, Richa Garg, Jagdeep Ajmera. Accessory veins related hand ischemia: a case series. *Annals of Medicine and Surgery* 68. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.102593>.
19. Planken R.N., Duijm L., Kessels, Leiner T., JP Kooman, Van Der Sande, Tardoir JHM. Accessory veins and radial-cephalic arterious fistula non maturation: a prospective analysis using contrast-enhanced magnetic resonance angiography. *The Journal of Vascular Access* 2007; 8: 281-286.