Infračervená termografie v diagnostice Raynaudova fenoménu – II. část

MUDr. Jan Šternberský¹, Mgr. Jana Zapletalová, Dr.²

¹Klinika chorob kožních a pohlavních LF UP a FN Olomouc

²Ústav lékařské biofyziky LF UP Olomouc

V navazujícím pokračování první části článku je věnována pozornost praktické části průběhu infračerveného termografického vyšetření, výsledkům vyšetření a také epidemiologickým údajům sledovaného souboru pacientů s poruchami akrálního prokrvení.

Klíčová slova: Raynaudův fenomén, infračervená termografie, chladový test.

Infrared thermography in diagnosis of Raynaud's phenomenon – 2nd part

The following second part of the article is aimed on practical part of the infrared thermography investigation, on its results and analysis of the epidemiologic data of the patient with disorders of the acral blood circulation.

Key words: Raynaud's phenomenon, infrared thermography, cold water test.

Infračervená termografie

Infračervená termografie (IČT) se zabývá analýzou rozložení teplotního pole na povrchu tělesa, a to bezkontaktním způsobem. Její princip je založen na detekci infračerveného (IČ) záření povrchu měřeného objektu. Každý objekt, jehož teplota je vyšší než absolutní nula (-273 °C), vyzařuje IČ záření. Jedná se o elektromagnetické záření, které zaujímá oblast mezi mikrovlnami (1 000 µm) a viditelným světlem (760 nm) a vzniká vibrací a rotací atomů a molekul v každé látce. Abychom mohli energii IČ záření detekovat a analyzovat, je potřeba tuto energii transformovat na měřitelný signál. K tomu využíváme tepelné a fotoelektrické fyzikální jevy, které vznikají při absorpci IČ záření hmotou. V závislosti na množství absorbovaného IČ záření dochází v takovémto detektoru proporcionálně ke vzniku napětí. Výsledným elektrickým výstupem je pak za pomoci dalších elektrických obvodů a složitých algoritmů v rámci výkonného mikroprocesoru termovizní kamery vizualizace do obrazu – termogramu, kdy jednotlivé odstíny barev symbolizují různé hodnoty teploty (1).

V medicíně, kde se sledované teploty pohybují v malém rozptýlu (obvykle 10 °C), se používá motiv duhy. V této paletě představuje červená či bílá barva nejvyšší hodnoty teploty a modrá či černá představují naopak hodnoty nejnižší.

Průběh IČT vyšetření

Veškerá měření teploty rukou byla prováděna přenosnou termovizní kamerou (TK) švédské firmy FLIR systems Flir B-360 (Obr. 1). Nejmenší teplotní rozdíl, který je přístroj schopen rozlišit, je 0,1 °C. Kromě teplotní mapy vyšetřované oblasti – termogramu, lze pomocí TK také pořídit obrazovou dokumentaci v digitální podobě.

Po adekvátní aklimatizaci pacienta probíhající po dobu 30 minut v klimatizované místnosti, (průměrná teplota 22,3 °C, vlhkost 50 %) s rukama položenými na vyšetřovacím stole byl pořízen tzv. klidový termogram rukou. Následoval chladový test (CHT), který spočíval v ponoření rukou do studené vody po dobu 5 minut (průměrná hodnota teploty vody 8,8 °C, medián 9 °C). Po absolvování CHT byly ruce položeny dlaněmi

Obr. 1. Termovizní kamera FLIR B – 360

opět na podložku vyšetřovacího stolu. V této pozici pacient setrval dalších 30 minut. Po tuto dobu byly v pravidelných intervalech pořizovány termogramy – ihned po vytažení rukou z vody, za 5, 10, 20 a 30 minut po vyjmutí rukou z vody.

Pořízené termogramy byly následně zpracovány a analyzovány výpočetní technikou. U všech pacientů byla porovnávána průměrná hodnota teploty v oblasti distálních článků jednotlivých prstů, vymezená plochou mezi distálním koncem nehtu a distálním interfalangeálním

Obr. 2. Fyziologický nálezn při IČT vyšetření. A) Termogram před CHT; B) Termogram 30 minut po CHT

Obr. 3. Nález RF při IČT vyšetření. A) Termogram před CHT; B) Termogram 30 minut po CHT

skloubením. Byly porovnávány teploty prstů jednak v rámci stranové difference, ale zejména v reakci na zátěžový test. Klíčovými hodnotami byly teploty prstů po aklimatizaci a hodnoty teploty prstů 30 minut po absolvování CHT. Tímto způsobem bylo získáno celkem 20 teplotních hodnot (10 hodnot před CHT, 10 hodnot po CHT). Mezní hodnotou teploty distálních článků prstů, která odlišovala fyziologický a patologický nálezn, byla stanovena absolutní hodnota teploty 29 °C. K této hodnotě byl následně vztažen každý prst jednotlivě s tím, že pro stanovení patologického nálezu postačovalo zachycení i jen jednoho prstu s nižší teplotou než 29 °C. Stanovením hranice 29 °C došlo k vytvoření čtyř možných závěrů IČT vyšetření ve vztahu k nálezu teploty prstů před CHT a 30 minut po jeho absolvování. Pokud teplota prstů před CHT i po něm byla $\geq 29^\circ\text{C}$, byl nálezn hodnocen jako fyziologický (Obr. 2). Pokud byl nálezn teploty prstů před CHT $< 29^\circ\text{C}$, ale po něm $\geq 29^\circ\text{C}$, byl tento stav uzavřen jako akrocyanóza. Ve zbylých dvou případech, kdy teplota prstů po absolvování CHT

nedosahovala hodnoty 29 °C, byl tento nálezn zhodnocen jako Raynaudův fenomén (Obr. 3).

Výsledky

Všechny získané hodnoty byly statisticky zpracovány. K analýze dat byly použity neparametrické testy statistického softwaru IBM SPSS Statistics verze 22. Normalita dat byla ověřována pomocí Shapiro-Wilkova testu. Všechny testy byly dělány na hladině signifikance 0,05.

Do zkoumaného souboru pacientů bylo zahrnuto celkem 150 pacientů, kteří byli vyšetřeni na našem pracovišti v letech 2010–2017. Hlavními podmínkami pro zařazení těchto pacientů byla anamnéza projevů Raynaudova fenoménu (RF), charakterizovaného pocitem studených rukou, a s anamnestickým údajem minimálně jedné barevné změny prstů horních končetin (cyanotické či bílé zabarvení).

V našem souboru pacientů bylo zastoupeno celkem 24 % mužů a 76 % žen. Průměrný věk činil 41,1 let, medián věku byl 40 let. Medián trvání subjektivních pocitů studených rukou činil 36

měsíců (3 roky). Typický trifázický průběh ataky onemocnění popisovalo 22 % pacientů. Dvě barevné změny pozorovalo 42,7 % pacientů (4,7 % bílou a červenou barvu, 26,7 % bílou a fialovou barvu a 11,3 % červenou a fialovou barvu). Zbytek pacientů, tedy 35,3 %, tvořili pacienti, kteří pozorovali pouze jednu barevnou změnu (24 % bílou barvu, 11,3 % cyanotické zabarvení prstů).

Vyšetřeni byli jak jedinci zcela zdraví (kromě anamnézy studených rukou), tak i pacienti s mnoha komorbiditami. Nejčastěji se v souboru pacientů vyskytovala onemocnění ze skupiny systémových onemocnění pojiva (21,3 %), neurologické poruchy včetně nemoci z vibrací (celkem 20 % pacientů) a onemocnění štítné žlázy (10 %), další choroby, jako např. různé koagulopatie, infekční choroby (EBV, hepatitis, borelióza), byly zastoupeny v mnohem menší míře (Graf 1).

Nejvyšší naměřenou hodnotou teploty prstu před CHT byla teplota 34,4 °C, nejnižší 18,7 °C. Třicet minut po absolvování CHT měly nejvyšší teploty prstu hodnotu 35,6 °C, nejnižší pak 16,5 °C.

Graf 1. Výskyt nejčastějších chorob ve sledovaném souboru pacientů **Graf 2.** Diagnóza dle IČT vyšetření

Z celkového souboru 150 pacientů byl pomocí IČT vyšetření u 127 pacientů (84,7 %) diagnostikován RF, u 7 pacientů (4,7 %) akrocyanóza a u zbylých 16 pacientů (10,7 %) byl hodnocen fyziologický nález (Graf 2).

Symetrické rozložení teploty bylo po aklimatizaci patrné u 34 % pacientů, po absolvování CHT u 43,3 % pacientů. Nejvyšší hodnoty teploty prstů byly před i po CHT zaznamenány na 1. prstu PHK i LHK. Nejchladnějším prstem po aklimatizaci byl na PHK i LHK 5. prst. Po absolvování CHT byly vyhodnoceny jako nejstudenější 2. a 3. prst na obou HKK.

Diskuze k výsledkům

Ze zkoumaného souboru pacientů odpovídá epidemiologickým údajům dominantní výskyt RF u pacientů ženského pohlaví (76 %). Popisovaný výskyt typického trifázického průběhu ataky onemocnění byl pouze u 22 % paci-

entů, kdežto jednu barevnou změnu prstů (bílá či cyanotická) popisovalo 33 % pacientů.

Ve zkoumaném celkovém souboru dle výsledků IČT vyšetření dominuje výskyt RF (84,7 %), což souvisí se specifikou vyšetření, které je prováděno u pacientů odeslaných k vyšetření již s podezřením na diagnózu RF. Vliv kouření na poruchu akrálního prokrvení nebyl statisticky prokázán, což ale koreluje s výsledky studie Palesche et al. (2).

Žádná souvislost také nebyla prokázána při nálezů asymetrického postižení, které je některými autory častěji popisováno u sekundárního RF (SRF).

Nález palce jako nejteplejšího prstu na obou rukou, a to jak před zátěžovým testem, tak po jeho provedení, odpovídá anatomickým specifikám tohoto prstu. Palec má odlišnou neurovaskulární morfolonii a také je anatomicky proximálnější lokalizovaný ve srovnání s ostatními prsty. Proto

i reakce palce na teplotu jeho okolí je nejrychlejší a také je z tohoto důvodu některými autory vyřazován ze sledování pro diagnostiku RF. Některými autory bylo dále popisováno postižení palce jako signifikantní pro diagnózu SRF, v našem souboru pacientů však tato hypotéza nebyla potvrzena a poruchy v prokrvení palce byly pozorovány jak u pacientů s primární, tak sekundární formou RF (3). Jako nejstudenější prst před působením CHT byl vyhodnocen 5. prst, což je pravděpodobně způsobeno jeho nejmenším objemem, a tudíž snazším ovlivněním jeho teploty teplotou okolního prostředí. Na výměně tepla se tedy v kratší časové ose pravděpodobně tolik nepodílí šíření tepla prouděním krve, ale spíše tepelná výměna mezi okolním prostředím a celým objemem prstu. To bylo patrné i po působení chladu, kdy se 5. prst vlivem teploty okolního prostředí oteploval rychleji, než tomu bylo u 2. a 3. prstu. Tyto dva prsty měly v souboru pacientů nejčastěji nález nejnižších teplot ze všech prstů 30 minut po absolvování CHT (na PHK více než 59 % prstů, na LHK 58 %). Tento nález odpovídá klinickým zkušenostem, kdy projevy RF jsou pacienty nejčastěji popisovány právě na těchto dvou prstech, což je pravděpodobně způsobeno zvýšenou citlivostí neurálních větví n. medianus a obecně vyšší neurovaskulární reaktivitou.

Závěr

Subjektivně udávané pocity studených rukou jsou častým steskem pacientů. U mnoha z nich však mohou být tyto zdánlivě nezávažné potíže projevem RF a také současně prvním projevem těžkého onemocnění, které se může rozvinout i po letech od první ataky RF. Odlišení RF od ostatních poruch akrálního prokrvení pouze z anamnestických údajů je mnohdy velmi obtížné pro epizodický charakter potíží. IČT vyšetření má tak pomoci lékařům objektivizovat tento anamnestický údaj a zahájit další diagnostický a následně i terapeutický postup. Při podezření na SRF je na místě využití dalších vyšetřovacích metod, jejichž výběr se řídí klinickými příznaky pacienta (kapilaroskopie, sedimentace erytrocytů, vyšetření autoprotilátek v séru, krevního obrazu, chladových protilátek, rentgenový snímek hrudníku a krční páteře, EMG horních končetin atd.).

LITERATURA

1. Ring EFJ, Ammer K. Infrared thermal imaging in medicine. *Physiological Measurement*. 2012; 33(3): R33.
2. Palesch YY, Valter I, Carpentier PH, Maricq HR. Associati-

- on between cigarette and alcohol consumption and Raynaud's phenomenon. *J Clin Epidemiol*. 1999; 52(4): 321–328.
3. Chikura B, Moore T, Manning J, Vail A, Herrick AL. Thumb

- involvement in Raynaud's phenomenon as an indicator of underlying connective tissue disease. *J Rheumatol*. 2010; 37(4): 783–786. doi:10.3899/jrheum.091117.