

**UNIVERZITA KARLOVA**

**3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**

**Klinika rehabilitačního lékařství**

**Aneta Koudelková**

**Vliv vakuově-kompresní terapie na syndrom diabetické nohy**

*Effect of vacuum-compressive therapy on a syndrome of diabetic foot*

Autor práce: Aneta Koudelková

Studijní program: Fyzioterapie

Bakalářský studijní obor: Specializace ve zdravotnictví

Vedoucí práce: doc. Jaroslav Průcha

Pracoviště vedoucího práce: Klinika rehabilitačního lékařství 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady v Praze

Předpokládaný termín obhajoby: červen 2019

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci vypracovala samostatně a použila výhradně citované prameny, literaturu a další odborné zdroje. Současně dávám svolení k tomu, aby má bakalářská práce byla používána ke studijním účelům. Tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do Studijního informačního systému – SIS 3. LF UK jsou totožné.

V Praze dne 13. května 2019

Aneta Koudelková

## Poděkování

Tímto srdečně děkuji panu doc. Jaroslavu Průchovi za odborné vedení, vztrácenost při konzultacích a tvorbě bakalářské práce, za pomoc při vyhledávání klinických studií, a jeho nesmírnou laskavost se kterou mne vědeckým světem provázel. Dále děkuji paní Bc. Michaele Maxové Dis. za pomoc a odborný dozor při sběru dat k mé bakalářské práci. Na závěr bych ráda poděkovala své milující rodině, jež mne během studia podporovala moudrými radami a byla mi perfektní oporou.

## **Abstrakt**

**Úvod:** Syndrom diabetické nohy je závažná periferní komplikace onemocnění diabetes mellitus, která může vést až k amputaci části nebo celé dolní končetiny, a tím značně omezit kvalitu života pacienta. Současné poznatky o využití vakuově-kompresní terapie svědčí o velkém potenciálu této metody výrazně zbrzdit rozvoj diabetické nohy, nastolit remisi této periferní komplikace diabetu, zvláště v raných fázích postižení.

**Cíl:** Cílem této práce je ověřit na souboru kasuistik, zda dokáže série dvaceti procedur vakuově-kompresní terapie výrazně zlepšit perfuzi těžce ischemizované dolní končetiny.

**Výsledky:** Pozitivní efekt vakuově-kompresní terapie byl prokázán u všech šesti pacientů, resp. u všech devíti léčených končetin, s diagnózou syndromu diabetické nohy v nultém stádiu dle Wagnera-Meggita. Měření probíhalo vždy před, během a po skončení procedury.

**Metoda:** Sledování souboru kasuistik s využitím laserové dopplerovské flowmetrie.

**Závěr:** Získané výsledky svědčí pro objektivní vysokou účinnost metody vakuově-kompresní terapie na okamžité i dlouhodobé zlepšení perfuze DDK postižených kritickou končetinovou ischemií indukovanou diabetem.

**Klíčová slova:** periferní komplikace diabetu, diabetická polyneuropatie, diabetem indukovaná končetinová ischemie, diabetická noha, kritická končetinová ischemie

## **Abstract**

**Introduction:** Syndrome of diabetic foot is a severe complication of diabetes mellitus disease, which can lead to an amputation of a part of lower limb, and therefor worsen the quality of life for a patient. Contemporary findings on usage of vakuu-compression therapy show huge potential of this method to significantly decelerate progress of diabetic foot, or even to cure already developed defects completely.

**Aim:** Aim of this work is to find out whether series of twenty procedures of vakuu-compressive therapy can improve perfusion in badly ischemic tissue of a foot.

**Results:** Positive effect of vacuum-compressive therapy manifested with all the six patients and their nine feet with diagnose of diabetic syndrome in zero stadium according to Wagner-Meggits scale. Measuring was done before, during and after the procedure.

**Methods:** Observation of casuistry collections using laser Doppler flowmetry. Five limbs were measured during the first as well as during the twentieth procedure, four patients were only measured during the first procedure

**Conclusion:** Results prove the objectively high efficiency of vacuum-compressive method to improve immediate and long-term perfusion of lower limbs attacked by critical limb ischemia induced by diabetes.

**Key words:** peripheral diabetic complications, diabetic polyneuropathy, ischemic diabetic foot, diabetic foot, critical limb ischemia.

# Obsah

Úvod.....	9
1. Teoretická část .....	9
1.1 Definice syndromu diabetické nohy .....	9
1.2 Patofyziologie syndromu diabetické nohy.....	9
1.3 Klasifikace diabetické nohy.....	10
1.3.1 Systém klasifikace ICHDK dle Fontaina .....	10
1.3.2 Systém klasifikace dle Wagnera-Meggita.....	10
1.3.3 Texaská klasifikace .....	12
1.4 Vliv angiopatie na vznik syndromu diabetické nohy.....	13
1.5 Uplatnění fyzioterapie.....	15
1.6 Charakteristika vakuově-kompresní terapie .....	15
1.6.1 Princip vakuově-kompresní terapie.....	15
1.6.2 Indikace VCT .....	18
1.6.3 Kontraindikace .....	18
1.7 Srovnání VCT s přístrojovou lymfatickou drenáží.....	19
1.8 Kapilární filtrace .....	20
1.9 Arteriogeneze.....	24
1.10 Výskyt onemocnění cév končetin v populaci .....	25
1.11 Experimentální důkazy účinnosti vakuově-kompresní terapie.....	27
2 Praktická část .....	36
2.1 Studie účinnosti VCT.....	36
2.2 Design studie.....	36

2.3	Výsledky a jejich rozbor .....	38
2.4	Výsledky měření .....	40
3.	Diskuse .....	51
4.	Závěr .....	59



# Úvod

Tato práce se zabývá léčebným účinkem optimalizované vakuově kompresní terapie na diagnózu syndromu diabetické nohy. Patofyziologie tohoto syndromu je zde rozebírána v mnoha ohledech, dle stupně jejího rozvoje, faktorů potencujících vznik. Optimalizace parametrů VCT je rozebírána pomocí studií a grafů, jež byly provedeny za účelem objektivizace účinků této formy fyzikální terapie.

## 1. Teoretická část

### 1.1 Definice syndromu diabetické nohy

*Rozvinutý syndrom diabetické nohy je podle WHO definován jako ulcerace nebo destrukce tkání na nohou u diabetiků spojená s neuropatií, s různým stupněm ischemické choroby dolních končetin a často i s infekcí. V praxi diagnostikujeme syndrom diabetické nohy nejen u diabetiků s ulceracemi nebo gangrény na nohou, ale i u pacientů se suspekci na vznik diabetické nohy při kritické končetinové ischemii (stádium A0 a C0 podle Texaské klasifikace, ekvivalentní nultému stádium dle Wagnera - Meggita) a u pacientů s anamnézou ulcerací či gangrén, respektive též u pacientů po amputacích nebo s Charcotovou osteoartrózi (tj. s neuropatickým postižením kostí a kloubů nohy). (23)*

### 1.2 Patofyziologie syndromu diabetické nohy

*Hlavními patogenetickými faktory vedoucími k rozvoji diabetické nohy jsou diabetická neuropatie (periferní i autonomní) a ischemická choroba dolních končetin. Dalšími významnými patogenetickými faktory, které vedou k ulceracím, jsou genetická predispozice, špatná životospráva, infekce a porucha pohyblivosti kloubů (limited joint mobility). Vznik ulcerací podporují těžké deformity (zejména Charcotova osteoartróze), hyperkeratózy a edémy. Jedním z nejvýznamnějších patogenetických faktorů je autonomní neuropatie, která působí hyperémií. Noha je proto zdánlivě dobře prokrvená, teplá až oteklá, průtok nutritivními kožními a svalovými kapilárami je však snížen. Zvýšená hyperémie může také aktivovat osteolýzu. Všechny hlavní patogenetické*

*faktory pak vedou buďto ke zvýšení plantárního tlaku a třecích sil a k poruše kapilárního průtoku, následkem toho pak k poklesu tkáňové oxygenace, jejímž důsledkem je vznik ulcerace. Zevními vyvolávajícími příčinami ulcerací bývají otlaky nejčastěji z nesprávné obuvi, spáleniny, drobné úrazy a dekubity, ragády a plísňové infekce. Charcotova osteoarthropatie je důsledkem těžší diabetické neuropatie, a to jak autonomní, tak periferní a mikrotraumat, která vznikají snadno při lokální osteoporóze kostí nohy způsobené především autonomní neuropatií. (23)*

## **1.3 Klasifikace diabetické nohy**

### **1.3.1 Systém klasifikace ischemické choroby dolních končetin dle Fontaina**

#### **1. stádium**

chladná kůže, atrofie kůže, vymizelé ochlupení, snížený kotníkový tlak

#### **2. stádium**

a) intermitentní klaudikace s intervalem nad 100 – 200 m

b) intermitentní klaudikace s intervalem pod 100 – 200 m

#### **3. stádium**

stádium klidových bolestí

#### **4. stádium**

a) stádium vzniku defektu/nekrózy, kotníkový tlak je vyšší než 80 mmHg

b) stádium vzniku defektu/nekrózy, kotníkový tlak je nižší než 50 mmHg

### **1.3.2 Systém klasifikace dle Wagnera-Meggita**

#### **Stupeň 0 – noha s vysokým rizikem ulcerací**

Klasifikujeme jako rizikovou nohu s vysokou pravděpodobností vzniku diabetického vředu.

#### **Stupeň 1 – povrchová ulcerace**

Při prvním stupni klasifikace jsou již přítomny povrchové vředy, které nezasahují pod dermis a nejsou infikované.

### **Ischemické vředy**

Pokud je příčinou defektu ischemie, nacházejí se vředy kdekoli na noze s predominancí akrálních částí, povětšinou s ischemickým lemem v okolí, bez přítomnosti nášlapků. Jsou bolestivé a rychle se infikují.

**Kontraindikováno** je použití sádry ke znehybnění končetiny u ischemických defektů. Je volen konzervativní přístup při chirurgickém čištění rány, jelikož tkáň pod defektem je hypoxická, a tedy dochází k rozšíření defektu. Provádí se angiologické vyšetění s cílem revaskularizace.

### **Neuropatické vředy**

Tyto defekty vznikají v místech zvýšeného plantárního tlaku, často pod nášlapkem. Nejúčinnější léčbou je odlehčení končetiny a odstranění nášlapku. Pokud vznik nášlapků není usměrněn, jedná se pravděpodobně o nedostatečné odlehčování končetiny. V těchto případech se užívá kontaktní sádra, poloboty a zvýšit edukaci pacienta.

### **Stupeň 2 – hluboká ulcerace bez zánětu**

Progradující vřed již zasahuje pod dermis dále do hlubších vrstev tkání.

Princip terapie je stejný jako u 1. stupně defektu. V případě infikování defekt přechází rychle do již závažného 3. stupně.

### **Stupeň 3 – hluboká ulcerace, flegmóna, absces, osteomyelitis**

Noha je zasažena flegmónou, typická je černěná barva, otok a zvýšená teplota akra. Pod plantární fascií a v hlubších tkáních nohy bývají často přítomné abscesy, poměrně často se též vyskytuje osteomyelitis. Toto stádium již vyžaduje iniciální chirurgický výkon, často v celkové anestezii. Provádí se drenáž hlubokých abscesů, drobné amputace, vynětí zanícené kosti, někdy i amputace končetiny.

### **Stupeň 4 – lokalizovaná gangréna**

V tomto stádiu se objevuje gangréna v distální části nohy, jež vyžaduje amputaci.

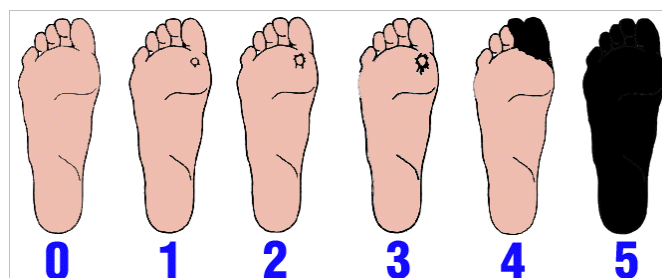
**Ischemická gangréna** prstů může vzniknout u na podkladě infekce měkkých tkání a zánětlivé vaskulitidy u původně nezasaženého tepenného systému. Hlavní cíl operativy je provést co nejmenší amputační zákrok.

**Neuropatická gangréna** vyžaduje pouze drobné amputace prstů.

V tomto stádiu je zvažována pravděpodobnost hojení rány po nízké amputaci. Vysoká amputace by neměla být indikována bez předchozího angiografického vyšetření a zhodnocení možnosti revaskularizace.

### **Stupeň 5 – gangréna celé nohy**

Při gangréně celé nohy, kdy je indikována amputace, je cílem komplexní péče snížit mortalitu pacientů. Riziko operační revaskularizace je stejné jako riziko amputace, z ekonomického hlediska, jež počítá s náklady na sociální péči, je však vždy revaskularizace výhodnější.



obr. č. 1 – Klasifikace DN dle Wagnera-Meggita, zdroj: (27)

### **Nehojící se vřed**

V určitých případech k hojení vředu nedochází. Chronický vřed persistuje po řadu měsíců nebo i let. Příčiny jsou rozmanité – nespolupracující pacient, nadměrná chůze, nevhodné boty, krátká doba nošení speciální obuvi znamenající nedostatečné odlehčení končetiny (neuropatický defekt), infekce plísní, chronická dekompenzace diabetu, otok, nemá ischemie. (26, 27)

#### **1.3.3 Texaská klasifikace**

Tuto klasifikaci zde uvádím pro doplnění, zejména pak pro její funkční jednoduchou formu a přehlednost.

tabulka č. 1 – Texaská klasifikace syndromu diabetické nohy, zdroj: (24)

Stupeň	0	1	2	3
A	Pre- nebo postulcerózní léze, epitelizovaná	Povrchová rána	Rána penetrující do šlach nebo pouzder	Rána penetrující do kostí nebo kloubů
B	infikovaná	infikovaná	infikovaná	infikovaná
C	ischemická	ischemická	ischemická	ischemická
D	Infikovaná i ischemická	Infikovaná i ischemická	Infikovaná i ischemická	Infikovaná i ischemická

#### 1.4 Vliv angiopatie na vznik syndromu diabetické nohy

***Diabetická makroangiopatie** na dolních končetinách je charakteristická především postižením tepen distálně od arteria poplitea, podstatně méně často jsou postiženy tepny v ileofemorální oblasti. Příznaky ischemické choroby dolních končetin se proto u diabetiků liší od příznaků u pacientů bez diabetu. Příčinou je jak odlišná lokalizace stenóz a uzávěrů periferních tepen, tak současně přítomná neuropatie.*

***Diabetická mikroangiopatie** se na dolních končetinách většinou neprojevuje typickým histologickým obrazem jako v jiných orgánech. Podstatné jsou však cévní změny působené hypercirkulací a změny intravaskulární vedoucí ke zvýšené viskozitě krve a k poruše kapilárního průtoku.*

***Mediokalcinóza** je projevem autonomní neuropatie, sama podstatně cévní průtok neomezuje, zkresluje však výsledky angiologických vyšetření a vede k akceleraci aterosklerózy. (23)*

Rozdíly mezi aterosklerózou angiopatické dolní končetiny při ischemické chorobě dolní končetiny u ne-diabetika a aterosklerózou dolní končetiny u diabetika (tzv. diabetickou nohou) shrnuje následující tabulka:

Ateroskleróza	Diabetici	Nediabetici
Klinika	mladší pacienti rychlejší postup	starší pacienti pomalejší postup
Muži : ženy	2 : 1	30 : 1
Okluze	multisegmentární	unisegmentární
Kolaterály	postiženy	intaktní
Postižení DK	bilaterální postižení	unilaterální postižení
Lokalizace	tibiální tepny peroneální tepny malé arterioly	aorta ilické tepny femorální tepny
Gangréna	ohraničená	extenzivní
Mortalita při hospitalizaci amputaci	po 1,5 - 3%	podstatně méně

tabulka č. 2 – srovnání charakteristik SDN a ICHDK bez postižení onemocněním diabetem mellitem, zdroj: doc. Průcha, MUDr. Božek

Postižení dolní končetiny u diabetika může být buď převážně angiopatické (ischemické) nebo převážně neuropatické, popřípadě smíšené.

	Neuropatická	Angiopatická
Anamnéza	delší trvání diabetu	kouření, hypertenze
	další mikroangiopatie	hyperlipoproteinémie
	příznaky neuropatie	někdy klaudikace
Fyzikální vyšetření	noha teplá, růžová	noha chladná, lividní
	hmatné periferní pulsace	periferní pulsace nehmatné nebo oslabené
	někdy Charcotova osteopatie	někdy šelesty nad tepnami
Lokalizace ulcerací	na plantě v místech nejvyššího tlaku	akrální ulcerace (prsty, meziprstní prostory, pata, pod nehty, okraje nohy)
Hyperkeratózy	téměř vždy	méně časté
Bolestivost	nebolestivé léze	většinou bolestivé léze
Mediokalcinóza	často (známka neuropatie)	pouze při současné neuropatii
RTG kostí	osteolýza nebo osteomyelitida	ne osteolýza pouze osteomyelitida
Kožní teplota	spíše zvýšena	spíše snížena

tabulka č. 3 – srovnání charakteristik SDN neuropatické a SDN angiopatické etiologie,

zdroj: (10)

## **1.5 Uplatnění fyzioterapie při končetinové ischemii u diabetiků a diabetické noze**

Fyzioterapie zaujímá při komplexní péči o pacienta velice významnou roli. Kromě fyzikálních terapií v čele s VCT, farmakoterapie, režimových opatření a použití zdravotních pomůcek usnadňujících chůzi, je pravidelný pohyb základním požadavkem pro udržení kondice. Zde je ovšem nutné zdůraznit, že zdravá míra a typ pohybu jsou zcela určovány dle rozsahu poškození a příčinnou chorobou dolní končetiny. Nejpotřebnější je zde chůze, která však může být mnohdy omezena klaudikačními bolestmi, a rovněž může při míře vyšší než-li kapacita a schopnost cévního řečiště zajistit potřebnou látkovou výměnu, vést ke zhoršení stavu postižené končetiny. Jednotlivé fyzioterapeutické metodiky jsou koncipovány pro maximální obnovu trofiky a fyziologických vlastností měkkých tkání, obnovení fyziologických rozsahů v koubecch, posturálních reflexů, korekce pohybových stereotypů, aktivace svalů se sklony k hypotrofii, a jednoho z nejdůležitějších předpokladů ke správně provedenému pohybu – obnově sensorické kontroly vedení pohybu bez nutnosti zrakové kontroly. Následující metodiky jsou předně využívány pro terapii syndromu diabetické nohy: Freemanova metoda, senzomotirická stimulace dle Jandy a Vávrové, Frenkelovo cvičení, PNF, metoda sestry Kenny, Brunkow koncept, a různé variace balančních cvičení s velkým míčem. (25, 19, 17)

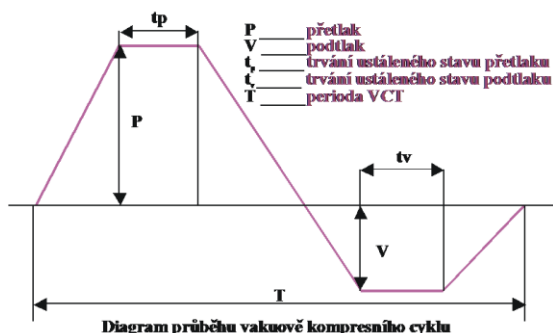
## **1.6 Charakteristika vakuově-kompresní terapie**

### **1.6.1 Princip vakuově-kompresní terapie**

Účelem vakuově-kompresní terapie je příznivé ovlivňování organických i funkčních poruch periferního prokrvení, vážnoucího metabolismu a zhoršené trofiky končetin vaskulární, posttraumatické, systémové (zvl. diabetické), neurocirkulační, degenerativní i zátěžové etiologie. Vakuově-kompresní terapie je zjevně multioborovou medicínskou záležitostí a procedury této fyzikální léčby se mohou uplatnit v řadě oborů medicíny, zejména v léčebné rehabilitaci, diabetologii, angiologii, flebologii, neurologii, ortopedii, traumatologii, preventivní a rekondiční medicíně, „anti-aging“ medicíně apod.

Vakuově-kompresní terapie (VCT) je založena na střídání fáze podtlaku a fáze přetlaku v aplikátoru, ve kterém je léčená končetina vzduchotěsně uzavřena a vystavena předprogramovanému působení hyperbarického (přetlakového) a hypobarického

(podtlakového) prostředí. Principem metody vakuově-kompresní terapie je tedy působení střídajícího se hyperbarického a hypobarického prostředí na léčenou dolní nebo horní končetinu.

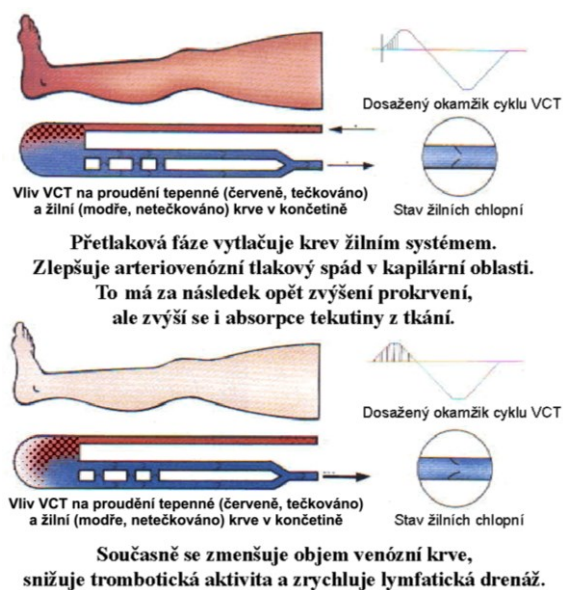


Obr. č. 2 - ilustrativní schéma jednoho cyklu vakuově-kompresní terapie, zdroj: (11)

Léčená končetina je přitom uložena obvykle v průhledném plastovém (biokompatibilní polymethylmetakrylát) aplikačním válci a je hermeticky utěsněna pryžovou nafukovací manžetou, jež se nachází v hrdle válce. Dnešní přístroje řeší nafukování této těsnicí manžety automaticky, v závislosti na potřebách pacienta a právě probíhající fázi vakuově-kompresní terapie. Těsnicí tlak v manžetě je přitom automaticky korigován a minimalizován, tak aby nedocházelo tak snadno k nepotřebně velkému zaškrcování končetiny, jak tomu bývalo u starších přístrojů. Technické podmínky podávání procedury tak více odpovídají fyziologickým požadavkům, čímž se možnost indikací přístroje významně rozšiřuje (např. flebologičtí a lymfovenózní pacienti s otoky dolních končetin nebo algodystrofické syndromy - komplexní regionálně bolestivý syndrom horních končetin). Zároveň se použití přístroje významně zjednodušuje.

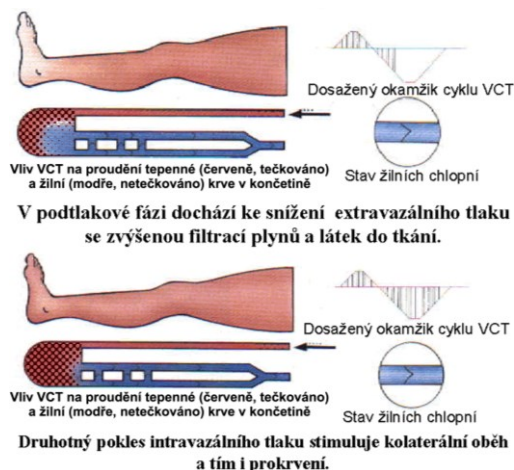
Ve fázi přetlaku se zvyšuje arteriovenózní tlakový gradient v kapilárním řečišti a žilním systémem je krev vytlačována centrálně. Už tím dochází k navození podmínek pro zlepšené prokrvení a ke zvýšení absorpce tekutin z tkání. Současně se zmenšuje objem venózní krve na periférii i objem extravazální tekutiny. Účinkem VCT se povzbuzuje fibrinolytická činnost, čímž se mírně snižuje i nebezpečná trombotická aktivita. Pokud jsou cesty odtoku lymfy v těle pacienta volné (například pacientka není ve stavu po odstranění lymfatických nódů při mamotomii nebo po gynekologické operaci), urychluje se též lymfatická drenáž. Při správně volených parametrech procedury dochází ke zmenšení eventuálního otoku, žilní chlopně jsou přitom otevřeny, viz následující obrázek:





Obr. č. 3- schéma působení vakuově-kompresní terapie na končetinu v hyperbarické fázi, zdroj: (7)

V navazující fázi podtlaku, která je pro podávání vakuově-kompresní terapie tou zásadní a nejvíce podstatnou, dochází nejprve k významnému snížení extravazálního tlaku (tj. tlaku ve tkáních v okolí cév - tedy mimo objemu cév) a z toho plynoucím zvýšení filtrace plynů (zejména kyslíku), ale též výživných látek, biokatalyzátorů a případně i farmak, do tkání ve směru tlakového gradientu. Velmi důležitý je postupný, současně probíhající pokles tlaku uvnitř cév, který přirozenými mechanismy pravděpodobně stimuluje vznik a rozvoj kolaterálního arteriálního cévního oběhu, čímž se dlouhodobě zlepšuje prokrvení. Otevřenými arterioly a nově vytvářenými arteriálními kolaterálami je krev přiváděna i do obliterovaných úseků periferie, kde díky vzniklému tlakovému gradientu dochází ke zlepšení látkové výměny mezi intravazálním a extravazálním prostorem. Prostřednictvím předpokládané arteriogeneze je stimulován vznik a rozvoj kolaterálního oběhu. Tím se prokazatelně, významně a dlouhodobě zlepšuje trofika i metabolismus tkání v oblasti léčené končetiny a dokonce i v dalších částech těla v její blízkosti, viz schéma na následujícím obrázku:



Obr. č. 4 - schéma působení vakuově-kompresní terapie na končetinu v hypobarické fázi, zdroj: (7)

Tlakové rozdíly, působící při vakuově-kompresní terapii, též snižují následky zvýšené viskozity krve nebo snížené elasticity erytrocytů, a tak dále podporují výživu, prokysličení a výměnu metabolitů. Nesporný je i účinek na podporu rekanalizace.

### 1.6.2 Indikace VCT

Uvedené vlastnosti VCT vedou k účinným a jinak těžko dosažitelným možnostem fyzikálně léčebného ovlivnění poruch prokrvení při makro-, mini- i mikroangiopatiích různé etiologie, poruchách prokrvení neurogenní etiologie, při jiných poruchách periferního prokrvení, při poruchách pefuze ve vasa nervorum, při poruchách trofiky a poruchách tlaku v končetinách, jakož i u některých typů lymfovenózních otoků s převahou vlivu venózní složky, při pouřazových stavech, algodystrofických syndromech, při periferních komplikacích závažných systémových onemocněních (např. diabetu), zátěžových syndromech, při změnách spojených se stárnutím a degenerativními změnami tkání končetin, zvláště při degenerativních onemocněních pohybového aparátu (např. artrózy, kdy VCT může zajistit lepší prokrvení a výměnu látek mezi cévami vnitřní stěny kloubního pouzdra a synoviální tekutinou), při trofických defektech kožního krytu různé etiopatogeneze apod. Vakuově-kompresní terapii lze též využít pro všeobecně rehabilitační, rekondiční, preventivní, sportovní a kosmetické účely.

### 1.6.3 Kontraindikace

Jsou především faktické i potenciálně možné trombózy a podezření na možnost jejich vzniku, aneurysmata v oblasti ošetřovaných cév, Leidenský syndrom, rizika krvácení a rizika rozsevu infekce nebo metastáz a těžké případy srdeční nedostatečnosti

spojené s kardiálními otoky, resp. otoky hepatického nebo nefrologického, tedy interního původu. **(26, 15,13)**

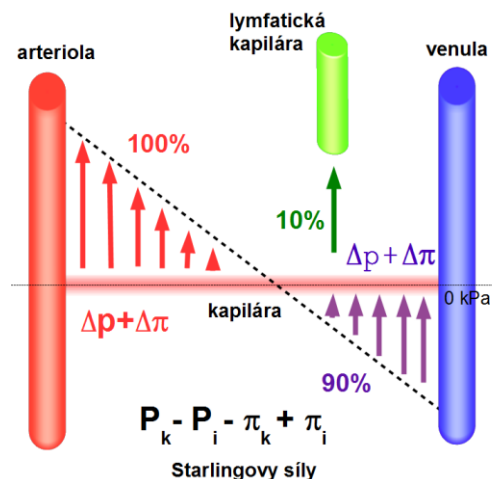
Vakuově-kompresní terapii nelze v jejích léčebných indikacích plnohodnotně nahradit přístroji které produkují pouze přetlak, tedy zejména přístroji používajícími kompresivních tlakových návleků pro pneumatickou intermitentní drenáž. Indikace pro užití lymfatické drenáže nejsou s VCT zdaleka totožné.

## **1.7 Srovnání VCT s přístrojovou lymfatickou drenáží**

Metody přístrojových lymfatických drenáží (segmentové tlakové návleky na končetiny) mohou působit pouze tlakem. Jejich mechanismus tvoří lokálně vymezenou postupnou tlakovou vlnou v tlakovém návleku, tím je vypuzována z končetiny žilní krev a lymfa, a tak je zmenšován případný edém i tlak v periferních tkáních, případně je mechanickým působením přetvářen tuhý lymfedém na elastický. Tím je pasivně podporována cirkulace, ovšem jen tehdy, pokud jsou arterie a kapiláry dostatečně průchozí. Kompresní přístrojové lymfatické drenáže tedy jsou určeny rovněž k tomu, aby významně léčebně ovlivňovaly konzistenci otoku (změna z tuhého otoku na elastický), a tím pomáhaly vytvářet podmínky pro obnovu bezbolestné pohyblivosti končetiny. Komprese však sama o sobě nemůže vyvolat nasátí potřebného objemu nové čerstvé krve do částečně, popř. i úplně obliterované části končetiny, ani nemůže proces cirkulace v periférii urychlovat, a tím výrazně přispět ke zlepšení metabolismu postižené periferní tkáně i v těch případech, kdy arterie a kapiláry nejsou samovolně schopny zabezpečit dostatečný přísun krve, ať už je tento stav způsoben chorobou (diabetes, angiopatie, poruchy trofiky, degenerativní onemocnění pohybového aparátu,...) nebo úrazem. Stejně tak nelze pouze kompresí stimulovat vznik a rozvoj tolik potřebných arteriálních kolaterál. Přímý vliv na znovuvytvoření cévního řečiště (arteriogenezi) a stejně tak na kapilární perfuzi má tudíž jen vakuově-kompresní terapie. **(7, 15)**

## 1.8 Kapilární filtrace

Významný je vliv VCT na kapilární filtraci. Tkáňový mok, který je při průtoku krve kapilárou z kapiláry do mezibuněčného prostoru obklopujícího kapiláru (intersticia) vyfiltrován, přivádí k buňkám hlavně kyslík, případně i živiny a další potřebné látky. Poté, co kyslík, případně další látky, předá, je zpětně resorbován, přičemž z intersticia navazuje a odvádí metabolity (hlavně oxid uhličitý, dále pak např. kyselinu mléčnou). Kapilára je dlouhá asi 1 000 mikrometrů a krev jí protéká asi 1 sekundu. V arteriální části kapiláry probíhá filtrace, ve venózní resorpce. Veškerý vyfiltrovaný objem by se měl zase resorbovat, až asi na 10% vyfiltrovaného objemu, který je odváděn lymfatickými cévami.



Obr. č. 5 – schéma kapilární filtrace

Rovnováhu mezi filtrací a resorpcí popisuje Starlingova rovnice, kterou zde uvádím již se zahrnutím tlakového vlivu periferně působící VCT, přičemž zevní tlak, respektive podtlak je redukován redukčním koeficientem, závislým na anatomickém uspořádání periferie i materiálových charakteristikách jednotlivých tkáňových struktur nacházejících se mezi povrchem těla a intersticiem obklopujícím kapiláru, případně kapilárou samotnou (pro intersticiem lze odhadovat tento redukční koeficient vlivu zevního tlaku 0,3; pro vnitřek kapiláry 0,2). Významy symbolů odpovídají standardu zavedenému ve fyziologii:

$$V(x,t) = P_k(x) + 0,2 \cdot p_{VCT}(t) - (P_i + 0,3 \cdot p_{VCT}(t)) + \pi_i - \pi_k$$

$$P_k(x) = -(P_k^{IN} - P_k^{OUT}) / 100 \cdot x + P_k^{IN}$$

$V$  – veličina úměrná objemu tekutiny, která se přesune přes kapilární stěnu

$P_k$  – hydrostatický tlak v kapiláře

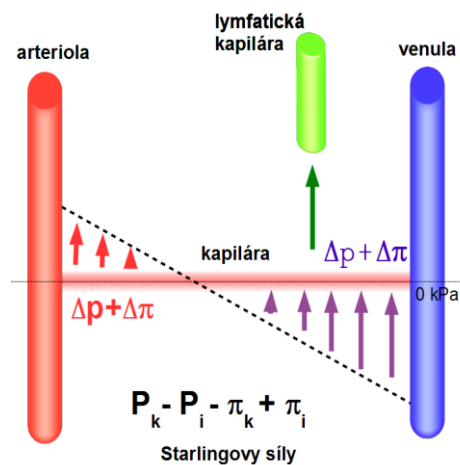
$P_i$  – hydrostatický tlak intersticiální tekutiny

$\pi_i$  – onkotický tlak intersticiální tekutiny

$\pi_k$  – onkotický tlak plazmy

Za nefyziologických podmínek, způsobených důsledky choroby či zátěžovými vlivy, se parametry Starlingovy rovnice významně mění: Nejčastější patofyziologickou změnou je, když se filtrace i resorpce sníží, tedy je nízký tlak na arteriálním konci kapiláry  $P_k^{IN}$  i tlak na venózním konci kapiláry  $P_k^{OUT}$ , případně jsou změněny i onkotický tlak v kapiláře  $\pi_k$  či onkotický tlak v intersticiu  $\pi_i$ , resp. i hydrostatický tlak v intersticiu  $P_i$ , přičemž všechny parametry jsou změněny tak, že se sice vyfiltruje menší než-li žádoucí objem, ale také se tento malý objem zpět resorbuje. Pacient tedy ani neotéká, ani není vysloveně hypoxický a atrofický, ale tkáňové prokysličení, zásobování buněk látkami i odvod metabolitů fungují jen limitovaně.

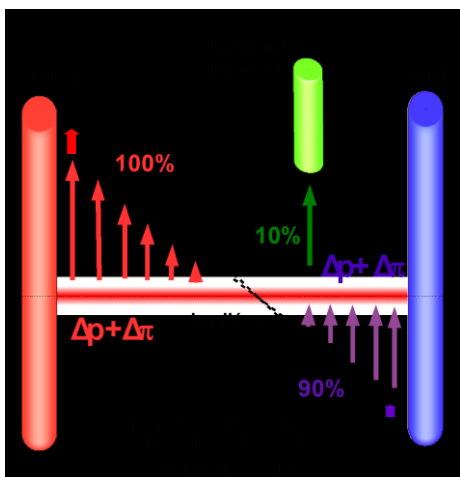
K navození tohoto patofyziologického stavu stačí, když se končetina dlouhodobě dostatečně nepohybuje. Roli zde sehrává i ztráta pružnosti cév – zvyšování jejich rigidity, případně zmenšování průsvitu cév se přirozeným stárnutím a dalšími nefyziologickými faktory (zúžování cév a jejich kornatění). V těchto případech aplikace vakuově-kompresní terapie zvýší jak objem filtrátu, tak objem resorbátu a tím fyziologické podmínky kapilární filtrace obnoví – viz následující obrázek – stav upravený vlivem vakuově-kompresní fyzikální intervence vyjadřuje strmější přerušovaná čára – požadovaný strmější gradient tlaku v kapilární oblasti:



Obr. č. 6 – schéma vlivu VCT na kapilární filtraci

Při aplikaci vakuově-kompresní terapie je v takovýchto případech optimální používat rovnováhy cyklicky se střídajícího hyperbarického a hypobarického prostředí.

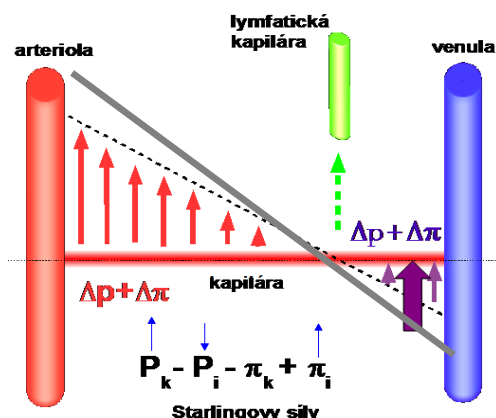
Ve většině indikovaných případů však vážne krevní zásobování, a mohli bysme se domnívat, že bychom měli působit převahou podtlaku a tím posilovat filtraci, ovšem resorpce nefunguje vždy fyziologicky, a optimální žilní návrat může být rovněž oslaben, viz následující ilustrativní obrázek – přerušovaná šedá čára vyjadřuje arteriovenózní tlakový gradient zlepšený vlivem vakuově-kompresní terapie. Z grafického vyjádření vyplývá, že při tomto působení VCT s převahou podtlakové fáze je zároveň nutno zvýšit i účinek přetlakové fáze, nebo alespoň prodloužit její působení, jinak by bylo oslabeno vztřebání zvýšeného objemu filtrátu viz obr. č. 7.



Obr. č. 7 – schéma vlivu VCT (se silnou převahou podtlakové fáze) na kapilární filtraci

Při nedokonalé resorpci vzniká otok. Pokud se tedy jedná o pacienta se sníženou resorbci filtrátu do žilního řečiště, pak musí při léčbě VCT převažovat přetlak. VCT pak příznivě posune arteriovenózní tlakový gradient podél kapiláry, jak demonstruje tlustší šedá čára.

Stav periferního otoku nebo sklonu k němu může být důsledkem mnoha příčin, například pokud se v intersticiu nahromadí bílkoviny a jiné osmoticky aktivní metabolity, které se tam za fyziologických podmínek vyskytovat nemají, nebo se zvýší hodnota onkotického tlaku v intersticiu  $\pi_i$ .



Obr. č. 8 – schéma vlivu VCT s vyváženými fázemi přetlaku a podtlaku na kapilární filtraci

Stejně tak, pokud selhávají ledviny a v krevní plazmě chybí bílkoviny, je naopak nízký onkotický tlak v kapiláře  $\pi_k$  a opět vzniká otok. Nejčastější, a pomocí VCT dobře

vzládající příčinu, je jen patofyziologické zvýšení tlaku na venózní straně kapiláry  $P_k^{OUT}$ , které sníží resorpci a zapříčiní otok. Takto vzniklý otok však rovněž zvyšuje hydrostatický tlak v intersticiu  $P_i$ , čímž se zlepšuje resorpce, a tak se patologický stav touto zápornou zpětnou vazbou sám do jisté míry kompenzuje, jinak by pacient otékal. Zlepšení je ovšem pofidérní, neboť jeho předpokladem je trvalý otok distálních částí dolních končetiny se všemi kosmetickými, a hlavně zdravotními důsledky zhoršené trofiky, rozvoje varixů, vzniku tromboflebitid, bércových vředů apod. Naopak snížení průsvitu artérií nebo vasokonstrikce sníží hydrostatický tlak na arteriální straně kapiláry  $P_k^{IN}$  a tím vyvolá nedostatečnou filtraci s následnou ischemií.

Máme-li za těchto podmínek využít vakuově-kompresní terapii, je třeba dobře pochopit její princip a správně zvolit její parametry. Soudobé technicky vyspělé přístroje pro vakuově-kompresní terapii poskytují sice celou řadu možností, ovšem konečný výsledek bude vždy silně ovlivněn konkrétní reakcí pacienta na podávanou proceduru (22, 21, 20, 16).

## 1.9 Arteriogeneze

V poslední době se hypoteticky předpokládá, že dlouhodobý účinek VCT na obnovu fyziologické funkce periferní perfuze spočívá v podpoře arteriogeneze.

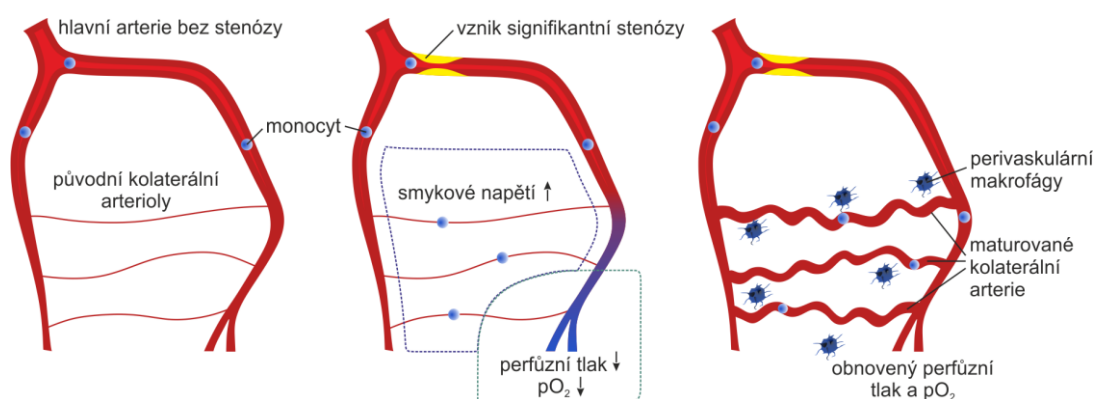
Arteriogeneze, jež vzniká při léčbě VCT, je proces remodelace již vzniklých arterio-arteriolárních (A-A) anastomóz na plnohodnotné kolaterály. Tento proces je přirozeně zapříčiněn zvýšeným střížným napětím v A-A anastomóze, které vzniká zvýšeným tlakem tekutin při obstrukci cévy. Celý proces jednotlivých dějů shrnují následující body:

- obstrukcí tepny se změní hydrostatický tlak uvnitř arterioly
- tyto malé již vzniklé a prozatím hemodynamicky nefunkční arterio-arteriální kolaterály jsou tak vystaveny zvýšenému střížnému (smykovému, shear) napětí.
- aktivuje se syntéza chemoatraktantů (molekuly, které mají možnost přilákat nebo odpudit fagocyty)
  - migrují další monocyty
  - monocyty se přeměňují na mikrofágy



- uvolňují se cytokiny (signální molekuly, které produkují různé typy buněk, některé imunitní odpověď tlumí, jiné ji naopak stimulují)
- aktivují se proteázy v perivaskulárním prostoru
- rozrušuje se okolí rostoucí cévy
- vytváří se prostor pro expanzi a proliferaci kolaterální arteriol

Popsaný sled dějů je ilustrován na následujícím obrázku:



Obr. č. 9: Arteriogeneze vzniklá vlivem VCT, zdroj: (7)

Původní arterioly, které byly původně velmi slabě průtočné, mohou zvětšit svůj průměr až dvacetkrát. Proces arteriogeneze je schopen plně kompenzovat tkáňovou ischemii a předpokládá se, že je mj. hlavním žádoucím mechanismem účinku při terapii autologními kmenovými buňkami, jakož i mechanismem stimulovaným vakuově-kompresní terapií. **(14, 3)**

## 1.10 Výskyt onemocnění cév končetin v populaci

Onemocnění cév dolních i horních končetin, popřípadě i onemocnění končetin jiné etiologie, spojená s účastí poruch prokrvení, představují značný medicínský i společensko-ekonomický problém. Jedná se především o periferní arteriální onemocnění (PAD), většinou ischemická onemocnění dolních končetin (ICHDK), která v různé intenzitě postihují až 20 % populace starší 60 let, což ve vyspělých zemích světa představuje zhruba 5 % populace. I přes velký vývoj invazivních metod léčby nezanedbatelná část těchto pacientů může být uzdravena pouze metodami konzervativními, mezi kterými významné místo zaujímá fyzikální léčba. Fyzikální terapie je potřebná i z hlediska primární a sekundární prevence PAD a též jako součást

komplexní léčebné a rehabilitační péče o operovaného pacienta v době před i po operaci. Kromě těchto organických poruch tepen končetin se lze často setkat i s poruchami vazospastickými a vazoneurotickými onemocněními. Výskyt těchto onemocnění spojených s hemodynamickou poruchou se statisticky odhaduje kolem 5 % z celkového počtu obyvatel. Mimo to se často vyskytují i vazoneurózy profesní (profesní traumatická vazoneuróza). Ty dosahují kolem 16 % všech profesních onemocnění. Jde především o postižení pracovníků s vibračními nástroji. Počet nehlášených případů bude však pravděpodobně vyšší. (7)

Veškeré typy i dále uváděné údaje jsou získány ze sdělení Ústavu zdravotnických informací a statistiky (<http://www.uzis.cz/>) a World Health Organization (<https://www.who.int/>)

Pro účel zamýšleného výzkumu mé bakalářské práce je zcela zásadní problematika periferních komplikací diabetu. Ty se týkají jak diabetické neuropatie, tak i stavů které by se mohly vyvíjet v kritickou končetinovou ischemii vedoucí ke vzniku diabetické ulcerace (diabetická noha). Incidence periferních diabetických polyneuropatií u diabetiků dosahuje až 50 %. Diabetickou nohou trpí kolem 10 % diabetiků. Výskyt diabetu je v našich podmínkách zjišťován u 8 - 9 % celkové populace. V České republice je z důvodů vážných komplikací diabetu směřujících ke vzniku diabetické nohy léčeno téměř 50 000 pacientů; pro vážné projevy senzomotorické neuropatie je léčeno kolem čtvrt milionu pacientů ročně (statistické údaje se pohybují kolem 27 %, skutečný výskyt potíží je však zřejmě ještě vyšší). Počet amputací dolních končetin z důvodů diabetické nohy z přibližně 4 500 amputací v roce 1995 vzrostl až na více než-li 10 000 amputací po roce 2011. Rovněž ve zdravotnicky mimořádně vyspělých zemích (např. USA) bylo i přes veškerou lékařskou péči a více než-li 40% nárůst náročných cévních operací dosaženo jen zhruba 10% poklesu počtu amputací dolních končetin z důvodů těžké nedokrevnosti.

Z venózních onemocnění končetin je nejčastěji zastoupena chronická žilní nedostatečnost (CVI, chronic venous insufficiency), která v závažné podobě postihuje až 5 % populace. Výskyt venózních ulcerací se objevuje zhruba u 1 % populace. Ovšem nejen čistě venózní, ale často i lymfovenózní onemocnění představují významný podíl nemocí končetin s účastí cirkulace krve a lymfy.

Rovněž na mnohých onemocněních pohybového aparátu končetin nese svůj podíl jejich špatné prokrvení a trofika. Pokud by se dařilo účinně zlepšovat prokrvení a tím trofiku a metabolismus končetin, lze předpokládat prokazatelně příznivý efekt u řady degenerativních onemocnění kloubů, šlach, vazů, svalů a dalších struktur pohybového aparátu končetin. Přitom se onemocnění pohybového aparátu týká až 30 % populace a zhruba pro 3% populace představuje trvalé a závažné postižení. Bolestivé projevy těchto onemocnění na distálních částech končetin (ruka, předloktí, loket, hlezno, lýtko, koleno) představují asi čtvrtinu všech případů, což znamená 7,5 % celkové populace. K této kategorii je možno přiřazovat i případy úžinových syndromů, nejčastěji postižení karpálních tunelů (až 5 % populace). V těchto případech jde sice o onemocnění periferních nervů spojené s jejich anatomickým umístěním, umožňujícím snadné mechanické poškození nervu, ovšem cévní složka (útlak vasa nervorum) je zde velmi významná z hlediska etiopatogeneze choroby i z hlediska její léčby. I když se nejedná o primárně cévní onemocnění, zlepšené periferní prokrvení významně přispívá k rychlejší obnově funkce postiženého nervu. Podobně je tomu i s dalšími etiopatogeneticky rozdílnými periferními neuropatiemi a polyneuropatiemi, které obvykle zahrnují i cévní etiopatogenezi – poruchy perfuze prostřednictvím vasa nervorum.

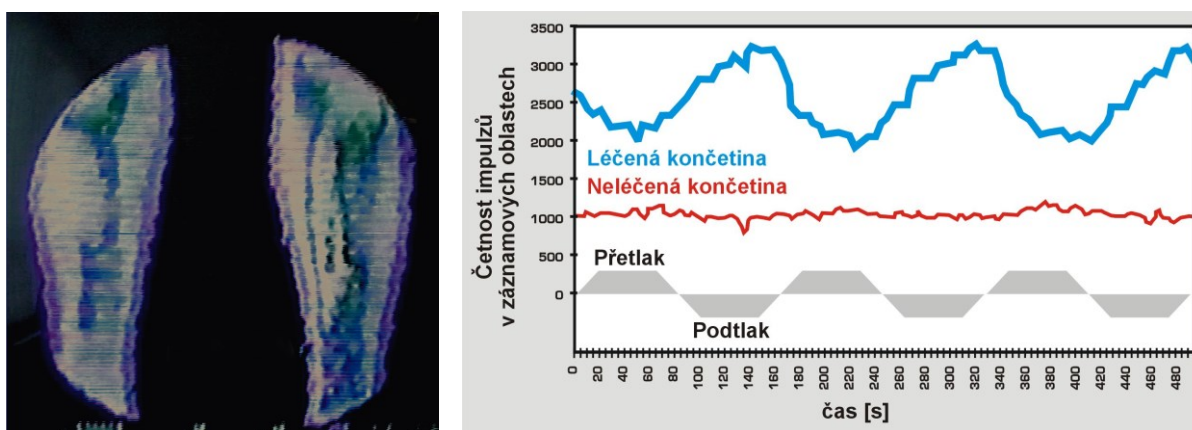
Další významnou skupinou, jež trpí poruchami prokrvení, jsou pacienti s následky některých traumat a pooperačních stavů na končetinách. Jedná se zejména o poúrazové stavy spojené s otokem končetiny, fraktury kostí končetin, poškození kloubů, šlach, vazů, periferních nervů a svalů, kontuze, hematomy v oblasti končetin, následky řezných poranění apod. Statisticky se jedná minimálně o 2,5 % populace ročně.

### **1.11 Experimentální důkazy účinnosti vakuově-kompresní terapie**

Základní experiment potvrzující účinnost vakuově-kompresní terapie na prokrvení dolních končetin byl uskutečněn již před 18 lety ve Fakultní nemocnici v Plzni. (7, 19)

Experiment byl zaměřen na radionuklidovou diagnostiku a byl proveden za účelem objektivizace účinků VCT za využití prostředků a postupů nukleární medicíny, zejména scintilační kamery typu ORBITER firmy Siemens. Erytrocyty probanda byly označeny radionuklidem <sup>99m</sup>Tc. Gama-kamera s velkým zorným polem v přední cílené projekci na oba bérce dolních končetin léčené i neléčené končetiny prokázala jak závislost

prokrvení na cyklech střídajícího se hyperbarického a hypobarického prostředí, tak rovněž vyšší prokrvení léčené končetiny během celé procedury i po jejím ukončení.



Obr. č. 10 vlevo: Uspořádání experimentu pro objektivizaci vlivu VCT na prokrvení léčené končetiny s využitím radionuklidu  $^{99m}\text{Tc}$ , zdroj: (20)

Obr. č. 11 vpravo: Změna prokrvení léčené i neléčené končetiny v závislosti na cyklech vakuově-kompresní terapie. Vzorkování po 5 sekundách, zdroj: (20)

Výsledky tohoto významného experimentu objektivně vypovídají o příznivých změnách prokrvení v hlubokých cévách, v hlouběji uložených tkáních a ve svalech. Nedožíváme se z nich ovšem nic o tom, jak vakuově-kompresní terapie ovlivňuje prokrvení kůže, což je velice důležité speciálně při léčbě trofických defektů kůže.

Proto byl proveden další experiment, kvantitativní analýza, která přinesla informaci o objektivních změnách prokrvení v kožních subpapilárních i v hlubokých cévních plexech (7, 19). Tento experiment byl proveden za pomoci remisní spektroskopie, která souvisí s využitím polychromatického světelného toku VIS a NIR oblasti. Jedná se o nedestruktivní bezkontaktní senzor, který proniká do tkáně a zde interaguje s opticky aktivními strukturami hemoglobinu. Výsledkem těchto interakcí je zjištění tzv. LIR – logaritmu inverzní reflektance. Měření několika desítek pacientů byla provedena pro tři různé situace:

- maximální léčebně používané hodnoty přetlaku a podtlaku +/- 15 kPa,
- běžné parametry s převahou přetlaku +10/-5 kPa,
- běžné parametry s převahou podtlaku +5/-10 kPa.

Z hodnoty LIR odlogaritmováním a výpočtem reciproké hodnoty získáme reflektanci. Reflektanci na vlnových délkách odpovídajících okysličenému hemoglobinu pak již můžeme považovat za přibližnou hodnotu odpovídající množství okysličeného hemoglobinu erytrocytů, viz tabulka:

Tabulka změn koncentrace oxyhemoglobinu HbO2			+15 kPa / -15 kPa				+10 kPa / -5 kPa				+5 kPa / -10 kPa			
			LIR	ABS. HODN.	DIF.	INKREMENT (%)	LIR	ABS. HODN.	DIF.	INKREMENT (%)	LIR	ABS. HODN.	DIF.	INKREMENT (%)
Amplituda křivky oxyhemoglobinu	Nasátí	R1	0,675	0,211	0,038	21,60	0,567	0,271	0,023	9,10	0,649	0,224	0,03	15,60
	Vytlačení	R2	0,76	0,174			0,605	0,248			0,712	0,194		

Tab. č. 4: Vliv vakuově-kompresní terapie na koncentraci oxygenovaného hemoglobinu při různých parametrech procedury – zjištěno výpočtem z výsledků remisně spektrofotometrických experimentů, zdroj:(20)

Vypočtené hodnoty (zakroužkovány) procentuálního přírůstku okysličeného hemoglobinu se do vysoké míry shodují s předpoklady.

Při poměrně vysoké hodnotě léčebného vakua -15 kPa a zároveň výrazném předchozím vytlačení žilní krve poměrně silným přetlakem +15 kPa se koncentrace okysličeného hemoglobinu zvyšuje až o 21,6 %. Nižší hodnota podtlaku -10 kPa a nepřiliš výrazná kompresní fáze o velikosti +5 kPa dává (přes převahu podtlaku nad přetlakem) přírůstek koncentrace okysličeného hemoglobinu už jen 15,6%. Při užití poměrně nevýrazného podtlaku -5 kPa už nepomáhá ani značná intenzita vytlačování žilní krve přetlakem +10 kPa a přírůstek koncentrace oxyhemoglobinu už je jen 9,1%, ačkoliv i toto je hodnota nepochybně významná.

Klinické studie (evidence base medicine) rovněž svědčí o objektivní účinnosti vakuově-kompresní terapie. V této souvislosti je pro moji práci zvláště významná studie zahrnující 9 pacientů (7, 20), viz tabulka č.5:

Pacient	Věk	M / F	Zdravotní stav
1	76	M	Diabetes 2. typu, komplikováno následky boreliózy, výrazná polyneuropatie končetin, pohybuje se jen s berlemi a se značnými potížemi.
2	65	M	Diabetes 2. typu, výrazná polyneuropatie, stav po CMP, pohybuje se pouze na invalidním vozíku, tremor končetin.
3	62	M	Diabetes 2. typu, diabetická polyneuropatie, amputován palec DK, prokázána výrazná arterioskleróza obou DK.
4	29	M	Stav 11 měsíců po těžkém úrazu DK, mnohočetná zhmoždění, nutnost poúrazové amputace palce DK, poškození funkce DK, neuropatie n. femoralis, u pacienta přítomna vegetativní dystonie.
5	52	M	Diabetes 2. typu, mimořádně výrazné projevy diabetické senzomotorické polyneuropatie obou DK i HK; DK mimořádně bledé a ochablé, pohybuje se převážně na invalidním vozíku.
6	77	M	Diabetes 2. typu, po amputaci jedné DK z důvodů diabetické ulcerace – snad i z důvodů flebologického onemocnění (varixy, zánět žil, haemorrhagia, ... ), na zachovalé DK patrný poruchy trofiky, kůže bledá, slabá, přítomna corona phlebica, zřejmě též PA(O)D, celkově špatný fyzický zdravotní stav, m. Parkinson.
7	78	M	Diabetes 2. typu, polyneuropatie obou DK, DK bledé, velmi slabé, kožní kryt končetin zřetelně dystrofický.
8	78	F	Stav po úrazu DK – silná kontuze v oblasti bérce spojená s persistentním edémem a bolestí, dlouhotrvající projevy lymfovenózní insuficience obou DK, nikoliv však výrazné, sportuje, celkový zdravotní stav opt.
9	65	M	Diabetes 2. typu, recidivující erysipel - projevy změněné pigmentace kůže DK, polyneuropatie DK s převážně sensorickými projevy, jinak celkový zdravotní stav dobrý.

Tabulka č. 5: Účastníci studie – specifikace, zdroj: (7)

V této studii byla pouze zkoumána reakce léčené končetiny pacientů na podání první procedury VCT. Procedura byla podávána přístrojem typ Extremiter® 2010,

model „Better Future“, s diagnostickou částí. Diagnostická část umožňuje během průběhu procedury měřit perfuzní index, PI. Tato veličina popisuje procentuální objemový podíl arteriální krve, přicházející s každým novým tepem, ku objemu krve, která stagnuje v měřené části periférie. Perfuzní index (PI) tedy hodnotí okamžitý přítok čerstvé arteriální krve do právě měřené tkáně. Tato metoda měření je založena na optoelektronickém principu a využívá dvou vlnových délek monochromatického světla v červené (R) a blízké infračervené (NIR) oblasti (11). Neinvazivní optická sonda generuje laserové světlo těchto dvou vlnových délek a snímá zároveň jeho remisi z diagnostikované tkáně. Tento princip, jeho technické řešení i primárně sejmuté signály se v podstatě shodují s metodou pulzní oximetrie, určenou pro měření saturace arteriální krve. Společná sonda pro měření perfuzního indexu (PI) i saturace arteriální krve (SpO<sub>2</sub>) byla umístěována obvykle na 2. nebo 3. prst DK.

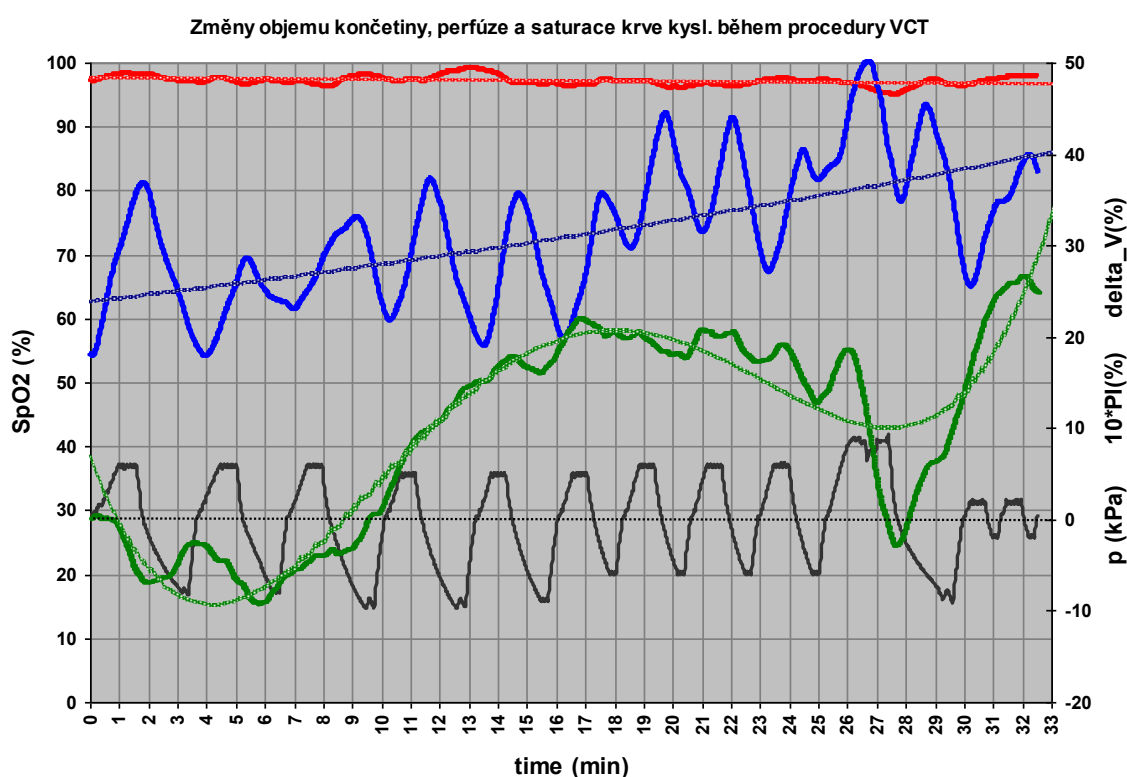
Kromě měření perfuzního indexu (PI) a měření saturace arteriální krve kyslíkem (SpO<sub>2</sub>) monitorovací diagnostická část přístroje pro VCT měřila i změny objemu léčené distální části končetiny, které jsou vyvolány změnou objemu nepulzující složky krve v léčené končetině. Principem tohoto měření byla bezkontaktní pulzní kapacitní pletysmografie, která pacienta nikterak neovlivňuje ani nezatěžuje. Pomocí tohoto měření je možno průběžně určovat relativní přírůstek nebo úbytek objemu končetiny. Absolutní hodnoty (např. v ml nepulzujícího objemu) těchto změn nejsou použity, protože by bylo nutné znát přesně výchozí objem léčené části pacientovy končetiny. Tato hodnota nebyla z praktických důvodů zjišťována. Autoři uvádějí pouze relativní změny stanovené přepočtem, určené s využitím standardního objemu nepulzující složky krve v léčené distální části „průměrné“ končetiny (interval 200 až 500 ml). Mikrovaskulární perfuze byla měřena lékařským diagnostickým přístrojem PeriFlux® Systém 5000, pracujícím na principu laserové dopplerovské průtokometrie.

Zvolené výchozí parametry léčebné intervence vakuově-kompresní terapie (přetlak, podtlak a doby trvání jejich plat) nebyly pro všechny pacienty stejné, nýbrž autoři studie vycházeli z parametrů předprogramovaných výrobcem v řídicím počítači přístroje pro VCT podle indikací v souladu se základními diagnózami jednotlivých pacientů.

Během průběhu procedury byly však tyto výchozí parametry upravovány zdravotnickým pracovníkem, za účelem dosáhnout co nejlepšího vlivu VCT na mikrovaskulární i makrovaskulární perfuzi léčené končetiny. Úpravy léčebně

aplikovaných hodnot přetlaku, podtlaku, případně i dob trvání tlakových platů byly určovány dle reakce léčené končetiny.

Pro ilustraci autoři uvádějí průběh procedury VCT, pacient č. 5, diabetik, který se dostavil na proceduru VCT v těžkém stavu senzomotorické neuropatie, končetiny byly velmi ochablé, výrazně bledé, neprokrvené, se známkami celkově velmi špatné trofiky. Tomu odpovídala jak nízká výchozí hodnota perfuzního indexu ( $PI= 1,8\%$ ), tak i nízká průměrná hodnota mikrovaskulární perfuze před procedurou (5 RU). Po zahájení procedury byl patrný růst perfuzního indexu (modrá křivka) i zvýšení hodnot mikrovaskulární perfuze (viz následující graf):



Graf č. 1 : Změna perfuzního indexu PI (modrá křivka); změna objemu končetiny (zelená křivka) a vývoj saturace arteriální krve kyslíkem SpO2 (červená křivka) včetně regresních křivek (tenče stejnobarevně) u pacienta č. 5 během procedury VCT, zdroj: (7)

(1% změny objemu nepulzující složky krve v končetině  $\Delta V$  odpovídá přibližně objemu 5 ml).

Při výchozích předprogramovaných léčebných parametrech procedury +5kPa / -7kPa se však objem končetiny (zelená křivka na obr) spíše snižoval a proto byl ještě dále zvýšen podtlak (až na -9kPa). Poté objem končetiny zřetelně rostl (až na



+100 ml přírůstkem) a byl zřejmý i růst perfuzního indexu. V souvislosti s až příliš rostoucím objemem končetiny se však potenciál tohoto růstu rychle vyčerpával, takže zhruba v polovině 30 minutové procedury byly parametry opět změněny na +5kPa / - kPa, což způsobilo stabilizaci až mírný pokles objemu končetiny a další nárůst perfuzního indexu až k hodnotě  $PI=5\%$ .

V závěru procedury se autoři pokusili zvýšením léčebných parametrů na hodnoty +9kPa / -9kPa dosáhnout ještě dalšího nárůstu perfuze, což se jim však dařilo jen krátce, načež rychle docházelo ke snížení objemu končetiny i k mírnému poklesu perfuzního indexu PI. Pacient také již začínal pociťovat diskomfort ze zvyšování tlaku v těsnici manžetě aplikátoru, i při vyšším léčebném přetlaku +9kPa. Situace byla operativně vyřešena radikálním snížením hodnot přetlaku/podtlaku na úroveň +2kPa / -2kPa, což se kupodivu nyní ukázalo jako dostatečné k opětovnému vzestupu objemu končetiny i perfuzního indexu PI.

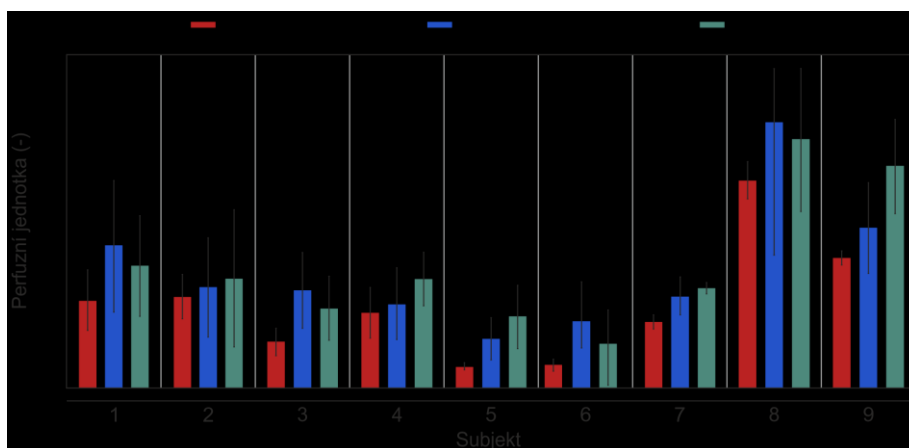
Tento postup, kdy fyzioterapeut koriguje hyperbarické a hypobarické parametry podávané procedury v reálném čase průběhu procedury na základě objektivních údajů získávaných z měření objemu a perfuze léčené končetiny jsem využila i v mé práci. Podmínkou je, že předepisující lékař stanoví maximální hodnoty přetlaku a podtlaku, které nelze překračovat. Tato forma podávání procedury je podstatně efektivnější, klade však na fyzioterapeuta vyšší nároky.

Je velmi zajímavé, že při podávání procedury u pacienta č. 5 ve výše citované práci mikrovaskulární perfuze nevykazovala tak výraznou závislost na léčebných parametrech procedury, přičemž nižší hodnoty PI zřetelně odpovídají časovému intervalu až příliš zvýšeného objemu končetiny kolem poloviny doby trvání procedury. Tento případ by mohl odpovídat zhoršenému odvodu žilní krve z končetiny a tím i horšímu vstupu arteriální krve do kapilár.

Přes veškeré tyto aspekty byl efekt vakuově-kompresní terapie u pacienta č. 5 vynikající. (V mé práci se inspiroji manuální zpětnovazební regulací biotropních parametrů fyzikální intervence vakuově-kompresní terapií s cílem dosažení co nejlepších výsledků prokrvení léčené končetiny.)

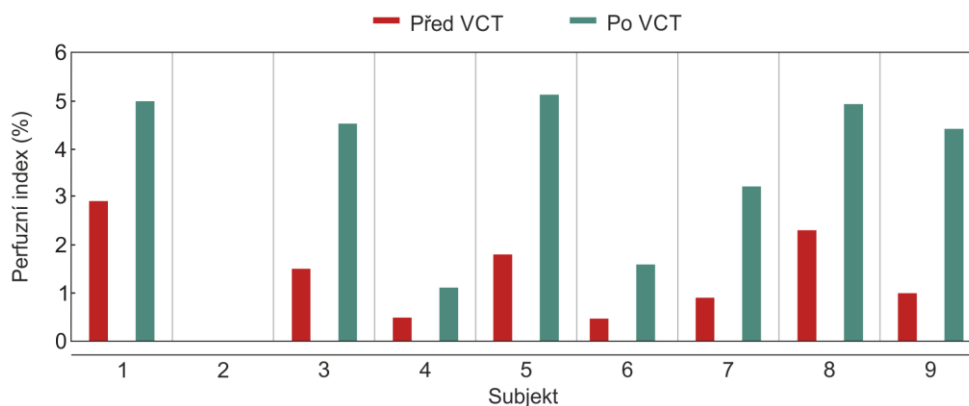
Autoři studie zjistili, že vliv VCT na zvýšení mikrovaskulárního prokrvení během procedury je vysoce výrazný (hladina významnosti  $p=0,0005$ ). Zrovna tak vliv VCT na přetrvávající zvýšení mikrovaskulárního prokrvení po proceduře byl spojen

s vysokou hladinou významnosti  $p=0,001$ . K významnému léčebnému vlivu na mikrovaskulární perfuzi (měřené laserovou dopplerovskou průtokometrií) docházelo u všech pacientů, ovšem v různé míře. Nižší vzestup mikrovaskulární perfuze během procedury je obvykle následován jejím dalším vzestupem, ke kterému dochází ihned po ukončení procedury. Velmi dobře tuto situaci ilustruje třídimenzionální graf na obrázku převzatém z citované publikace:



Graf č. 2: Grafické vyjádření vývoje časové střední hodnoty mikrovaskulární perfuze před, během a po proceduře VCT, zdroj: (7)

Statisticky se v souboru devíti pacientů pohybuje aritmetický průměr přírůstku (časové střední hodnoty) mikrovaskulární perfuze, vzniklý podáním první procedury VCT, kolem 70%. Změny makrovaskulárního prokrvení jež byly hodnoceny perfuzním indexem PI mají vysokou hladinu významnosti  $p=0,0004$ . Z grafu na dalším obrázku je velmi dobře patrný individuálně příznivý, ale různě intenzivní vliv procedury VCT u všech léčených pacientů:



*Graf č. 3: Úroveň makrovaskulárního prokrvení léčené končetiny hodnocená pomocí perfuzního indexu PI těsně před a těsně po podané proceduře VCT pro jednotlivé pacienty studovaného souboru, zdroj: (7)*

Pacient č. 2 nebyl z důvodů sesmeknutí sondy z jeho tremorem postižené končetiny změřen.á

U všech ostatních pacientů bylo měřením prokázáno významné zvýšení hodnoty perfuzního indexu PI. Celkově pro všech 8 změřených pacientů vzrostla průměrná iniciální hodnota perfuzního indexu, který před procedurou činil 1,4 %, na hodnotu 3,7 %.

## 2 Praktická část

### 2.1. Studie účinnosti VCT u pacientů se syndromem diabetické nohy v 0. stádiu podle Wagnera-Meggita

Relativně malé uplatnění vakuově-kompresní terapie v běžné praxi má mj. příčinu v dosud nedostatečném množství odborných studií (prováděných dle zásad medicíny založené na důkazech), publikovaných v různých oblastech lékařství. Například publikovaná studie (20), které jsem věnovala pozornost právě v předchozí kapitole, se zaměřila na perfuzní efekty v rámci jediné procedury, což je sice významné, ale chybí zde přímý přechod do klinických výsledků podávání celé série procedur VCT. I z těchto aspektů jsem volila výchozí design studie, popsany v následujícím textu.

### 2.2 Design studie

Design studie byl původně předpokládán v prospektivní formě, randomizovaně, jedenkrát zaslepené.

Pacienti s diagnózou senzomotorické diabetické polyneuropatie, respektive neurologickými a/nebo ischemickými periferními komplikacemi diabetu, případně s hraničícími riziky diabetické ulcerace nebo suspektní ulcerací a kritickou ischemií, obdrželi „informaci o možnosti fyzikální terapie vakuově-kompresní procedurou podporující prokrvení léčené končetiny“ (současně s informovaným souhlasem). Poté byla pacientova postižená DK s připojeným snímačem pro laserovou dopplerovskou flowmetrii umístěna do aplikátoru přístroje pro VCT, tam aspoň 10 minut ponechána v klidu, poté aplikována procedura cca 20 – 30 minut a opět asi 10 minut po ní – s končetinou v aplikátoru – byl ještě stále monitorován kapilární průtok flowmetrií. Na jednoho pacienta je nutno vyčlenit minimálně 1 hodinu. Pokud budou léčeny obě končetiny, pak hodiny 2.

Původní záměr byl, aby se diagnostická měření prováděla při 1. proceduře, pak při 10. a pak při poslední 20. proceduře. Pacient by tedy zdánlivě obdržel 20 procedur standardní vakuově-kompresní terapie, ale skutečně aktivních by bylo jen prvních deset, nebo naopak druhých 10, případně mohou být aktivní všechny. Neaktivní procedury by představovaly kontrolní skupinu (sham). Za tohoto předpokladu je třeba při prvním

příchodu pacienta náhodně vygenerovat, do které skupiny bude zařazen. Toto náhodné generování si lze připravit již předem. Tím vzniknou 3 skupiny. Aby bylo možno statisticky hodnotit, mělo by ve studii být aspoň 20 pacientů. Ostatní procedury (tj. 2. až 9. a 11. až 19.) by se podávaly rutinním postupem, ovšem parametry podávané procedury by měly být optimalizovány alespoň podle systému přeprogramovaných procedur, lépe se zahrnutím manuálně realizované zpětné vazby. Další vyhodnocení získaného materiálu by bylo výpočetní a statistické.

Reálné podmínky a možnosti spolupráce na odborných lékařských pracovištích FN KV Praha do určité míry pozměnily tento původní záměr, summa summarum:

1. Všichni pacienti náboru byli ve stavu kritické končetinové ischemie, takže z etických důvodů nebylo možno vytvářet skupiny placebo terapie. Všichni pacienti tedy dostávali po celou dobu léčby všechny podané procedury s účinnými parametry.

2. Objektivizační měření laserovou dopplerovskou flowmetrií se tedy prováděla při první a při poslední (20.) proceduře.

3. Vzhledem k těžkému stavu pacientů náboru a jejich polymorbiditě tři ze šesti pacientů nedokončili sérii dvaceti procedur. U dvou z nich se jednalo o zdravotní důvody nesouvisející s podáváním procedur VCT (u jednoho polymorbidita zahrnující stav srdeční dekompenzace a nutnost hospitalizace z tohoto důvodu, u druhého pak neschopnost fyzicky zvládat docházku na ambulantně podávané procedury). Třetí z pacientů, u kterých máme k dispozici jen záznam z měření laserovou dopplerovskou flowmetrií při první proceduře, se na závěrečné měření při poslední 20. proceduře nedostavil z osobních důvodů (vyzvednutí důchodu).

Výzkum tedy probíhal s uplatněním vakuově-kompresní terapie, prováděné s řádně certifikovaným a registrovaným zdravotnickým prostředkem (v medicíně dlouhodobě zavedený přístroj) Extremiter české firmy Embitron. Cílem studie bylo získání dat k objektivizaci uplatnění této léčebné metody v léčbě končetinové ischemie u diabetiků.

Studie měla formu sledování souboru kasuistik (case series study).

### **Hypotézy:**

H1: Hodnota P (perfuze) bude u většiny pacientů vykazovat stoupající trend po skončení měření 1. i 20. terapie VCT.

H2: Hodnota P (perfuze) bude u většiny pacientů během 20. procedury VCT vyšší než před začátkem 20. procedury VCT.

H3: Hodnota P (perfuze) bude u většiny pacientů během 20. procedury VCT vyšší než během 1. procedury VCT.

## 2.3 Výsledky a jejich rozbor

### Metodika

Každý pacient byl seznámen s fyzikálně-léčebnou metodou vakuově-kompresní terapie i s cílem zjistit objektivně její účinnost během léčby stavu kritické končetinové ischemie indukované cévní periferní komplikací diabetu, a to zejména prostřednictvím laserové dopplerovské flowmetrie, což je metoda umožňující objektivizovat stav a změny prokrvení v kůži a podkoží pacienta do hloubky cca 1 mm. Pokud to situace dovolila byl učiněn pokus o změření TB-indexu, který však za pomoci ultrazvukového senzoru byl na arteria tibialis většinou ještě měřitelný, ovšem na palci DK již jen s obtížemi. Tato měření tedy v zásadě jen potvrdila kritický stav končetinové ischemie. U některých pacientů byla k dispozici i objektivní měření periferních končetinových tlaků prováděná na specializovaných angiologických pracovištích, která rovněž kritický stav potvrzovala. U některých pacientů se ilustrativně zjistil stav kapilárního řečiště v oblasti nehtového lůžka kapilaroskopem. Obvykle byl indikován nefyziologicky menší počet kapilár a rovněž se podařilo zjistit megakapiláry, deformované kapiláry apod. morfologické odchylky kapilárního řečiště. Celkově však bylo možno stav kapilárního řečiště hodnotit sice jako porušený, ovšem ještě minimálním požadavkům na kapilární perfuzi a její měření funkčně vyhovující. Tato skutečnost potvrzuje fakt, že za kritickou končetinovou ischemii u diabetiků jsou odpovědné zejména tenčí artérie a arterioly, zejména v oblasti bérce.

Mikrovaskulární perfuze byla měřena samostatným lékařským diagnostickým přístrojem PeriFlux® Systém 5000, pracujícím na principu laserové dopplerovské průtokometrie. Sonda přístroje je schopna zachytit především kapilární prokrvení v povrchovém i v hlubokém cévním plexu kůže, případně krevní tok v nejtenčích arteriolách a venulách. Jednotky, v nichž se výsledky měření uvádějí, jsou standardizované v intervalu 0 až 250 RU (Relative Unit). Sonda byla přikládána

na nehtové lůžko 1. prstu DK, pouze v případech nedostupnosti tohoto místa na dorsum DK do oblasti mezi 1. a 2. prstem.

S takto umístěnou sondou byla končetina vložena do aplikátoru přístroje pro vakuově-kompresní terapii, vybaveného těsnicí manžetou a opěrnými mezikroužky hrdla aplikačního válce vhodných průměrů. Pacient byl vzhledem k přístroji optimálně napolohován a poté se začala snímat hodnota proporcionálního prokrvení poskytovaná laserovým dopplerovským flowmetrem. Po určité době, kdy se již hodnota klidové perfuze dostatečně dlouho neměnila, byla spuštěna vlastní procedura VCT. Během ní pokračovalo měření. Tlakové parametry procedury byly původně voleny na hodnotách + 6 / - 5 kPa. Ovšem u některých pacientů se ukazovalo, že pro ně bude vhodnější menší hodnota přetlaku, případně vyšší hodnota podtlaku. Jednalo se o ty pacienty, kde jednoznačně převažoval problém s přísunem čerstvé krve artériemi, zatímco žilní návrat byl přijatelný. Pro tyto pacienty bylo přínosné i mírné zvyšování podtlaku (-6 až - 8 kPa), ovšem jen po dobu několika minut procedury, načež bylo vhodné vrátit se opět k nižším hodnotám podtlaku. Naopak pacientům se zjevnými problémy s žilním návratem více vyhovoval menší podtlak, často v absolutní hodnotě menší než přetlak. Přetlak u těchto pacientů bylo však též dobré udržovat na šetrnějších hodnotách. Mírné změny tlakových parametrů během procedury se prakticky vždy ukázaly jako přínosnější, než-li trvalé setrvání na přednastavených parametrech po celou dobu procedury.

Zvláště citliví byli pacienti na zaškrcení končetiny těsnicí manžetou. I když automatika přístroje i jeho odpovědná obsluha spojená s optimálním napolohováním končetiny v aplikátoru minimalizuje tento škrtící tlak nezbytný pro hermetické utěsnění končetiny, vede jeho zvýšení nad 3 – 4 kPa ve většině případů ke zhoršenému prokrvení končetiny během procedury a plný léčebný potenciál VCT se projeví až po ukončení samotné procedury, zřejmě uvolněním okysličené krve z prekapilárních prostor. Zaškrcení končetiny hermeticky těsnicí manžetou může u některých pacientů limitovat přínos VCT, zvláště okamžitý, ke kterému dochází v průběhu procedury, jakož i komfort podávání procedury.

U všech pacientů se měřená hodnota perfuze zvyšovala ve fázi přechodu z hyperbarického do hypobarického stavu, zatímco při přechodu z vakuové fáze do kompresní se perfuze snižovala. Tento jev vykazoval určité dopravní zpoždění odpovídající rychlosti toku krve v uzavřeném cévním řečišti.

Po ukončení procedury a uvolnění tlaku v těsnici manžetě bylo pokračováno v měření laserové dopplerovské průtokometrie minimálně po dobu, než-li se kvantifikovaný stav prokrvení v akru končetiny stabilizoval.

## 2.4 Výsledky měření

Pacient	Končetina	statistická veličina	PŘED PROCEDUROU VCT		BĚHEM PROCEDURY VCT		PO PROCEDUŘE VCT	
			1. procedura	20. procedura	1. procedura	20. procedura	1. procedura	20. procedura
1		mean	11,3		12,3		15,5	
		SD	2,3		5,5		2,6	
2		mean	37,4	57,8	28,2	59,1	42,0	62,5
		SD	6,4	2,4	10,4	5,8	4,0	3,1
3	LDK	mean	53,5	45,8	50,9	60,5	62,0	64,3
		SD	6,9	5,7	11,2	10,6	8,6	7,0
	PDK	mean	25,3	41,7	15,9	66,7	20,5	72,0
		SD	3,2	9,1	5,5	26,7	4,7	9,8
5	LDK	mean	27,7	21,4	33,3	34,2	37,5	37,5
		SD	6,4	5,7	8,4	17,8	3,6	5,4
	PDK	mean	18,1	31,0	31,6	35,9	42,4	39,1
		SD	3,6	5,8	9,4	12,0	7,7	5,1
6	LDK	mean	17,5		20,1		28,2	
		SD	3,1		5,7		4,1	
	PDK	mean	15,4		12,9		20,2	
		SD	5,5		5,4		6,9	
4		mean	135,7		160,5		165,6	
		SD	37,8		53,2		45,3	

Tab. č. 6: periferní perfuze měřená laserovou průtokometrií

Zdroj: doc. Jaroslav Průcha, Bc. Michaela Maxová Dis., Aneta Koudelková



### Komentář k tabulce výsledků:

Pacient č. 4 je zanesen a hodnocen odděleně, jelikož u něj nemohlo být měření provedeno v oblasti paralelně uspořádaných kapilár nehtového lůžka palce DK.

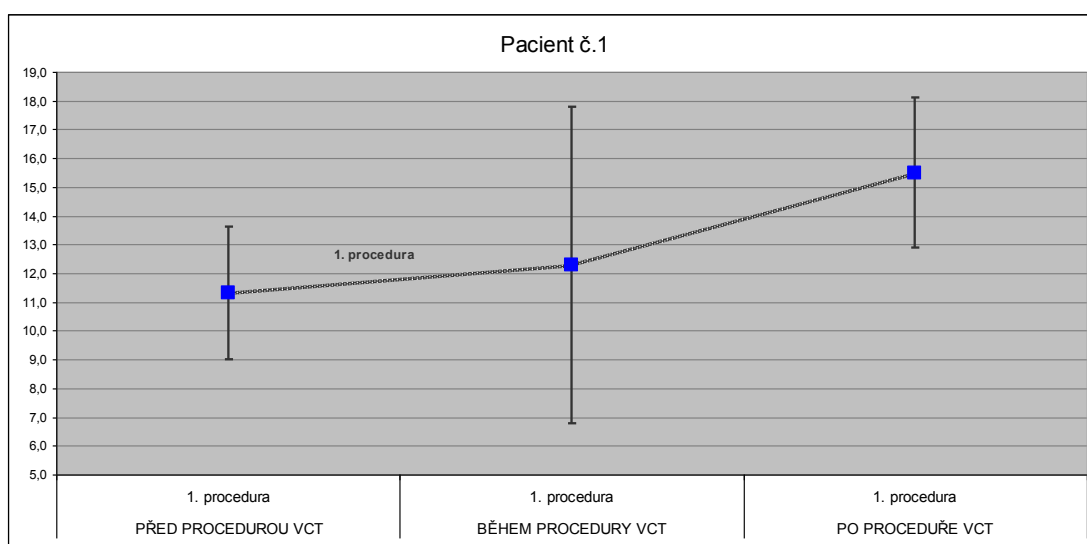
U pacientů č. 2, 3 a 5 bylo měření laserovou flowmetrií provedeno jak při první, tak při poslední, tedy 20. proceduře.

U pacienta 3, 4 a 6 byly léčeny a také proměřeny obě dolní končetiny.

Celkově se tudíž ve sledovaném souboru nachází 6 pacientů a 9 léčených končetin.

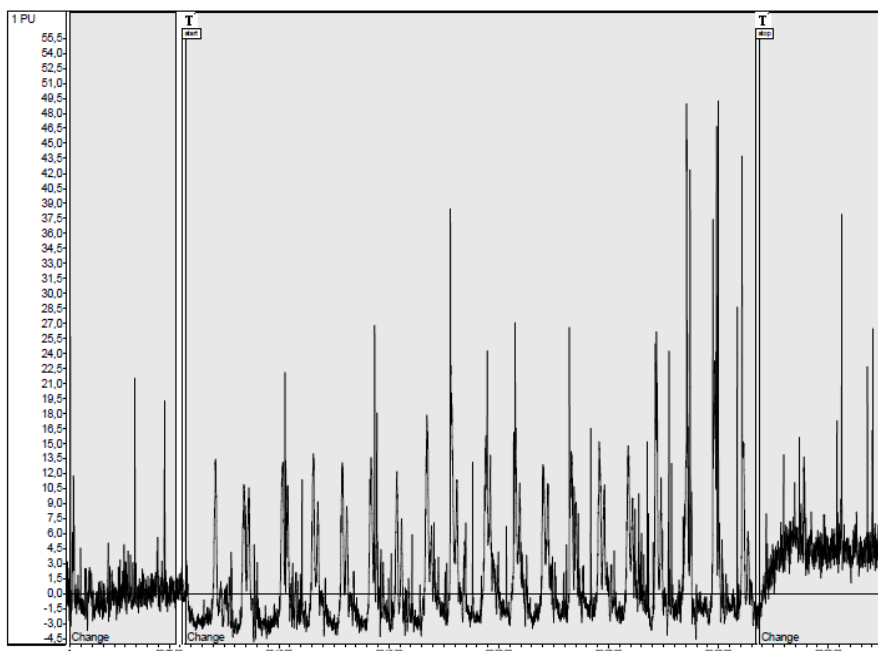
### Pacient č. 1

Graf č. 4: Vývoj střední hodnoty PU během první procedury



Zdroj: doc. Jaroslav Průcha, Aneta Koudelková

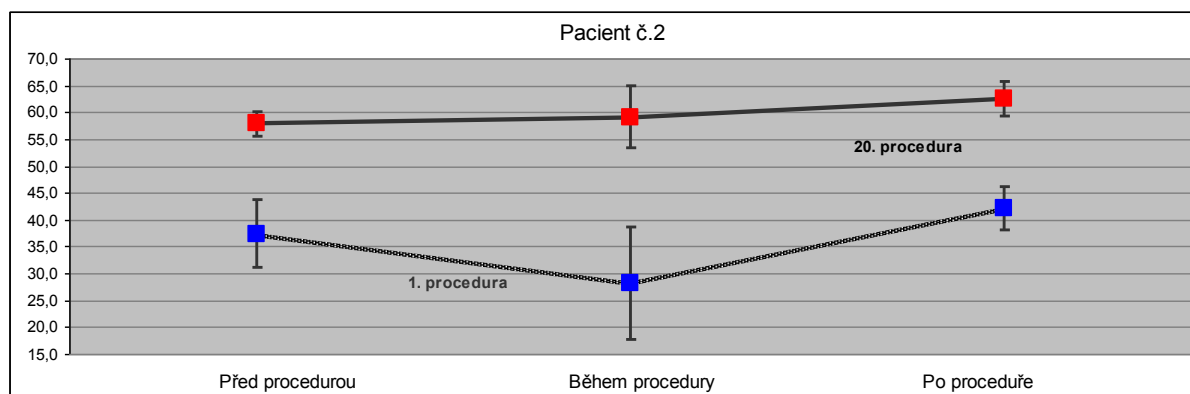
Pacient č. 1 byl měřen jen při 1. proceduře. Absolutní hodnota oceňující výchozí perfuzi je podle očekávání velmi špatná (cca 11). Během procedury nastává mírné zlepšení. Toto zlepšení je ve skutečnosti významnější, ale ve fázích přechodu do přetlaku se perfuze výrazně omezuje, což pak vede ke snížení průměrné hodnoty perfuze během procedury (viz další obrázek s baseline ve výši průměrné hodnoty perfuze před procedurou). Po proceduře se však perfuze značně zvyšuje až na hodnotu kolem 15 – 16 jednotek. Vysoké špičky měřených hodnot jsou způsobené pohybem končetiny pacienta.



Graf č. 5: záznam vývoje PU během celé 1. procedury VCT

Zdroj: doc. Jaroslav Průcha

## Pacient č. 2:

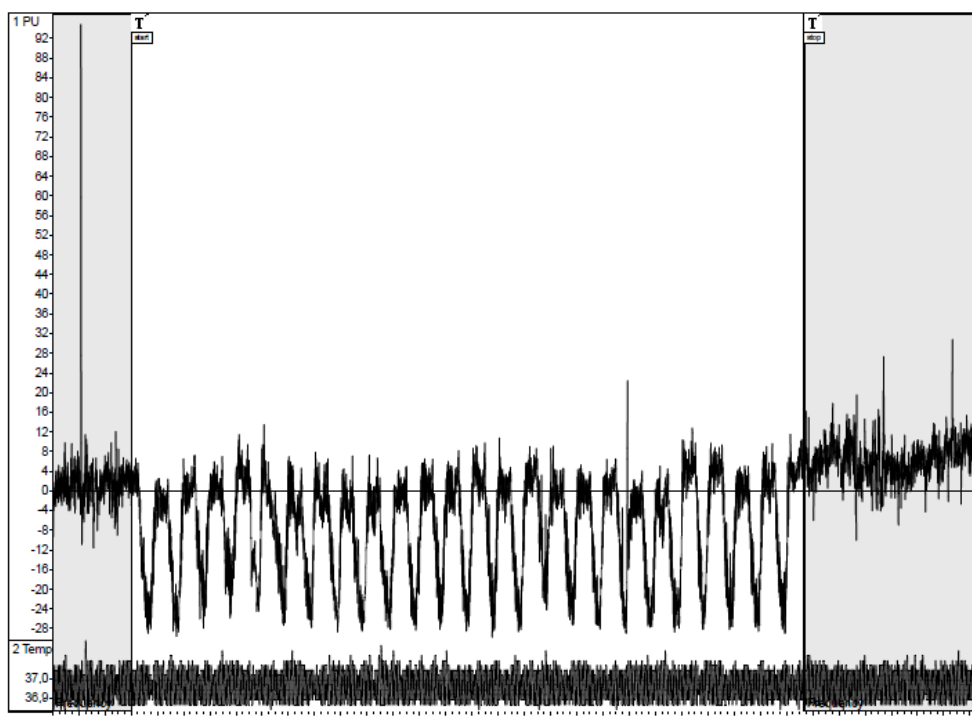


Graf č. 6: Vývoj střední hodnoty PU během 1. procedury (modrá) a během 20. procedury (červená)

Zdroj: doc. Jaroslav Průcha, Aneta Koudelková

Výchozí perfuze (**37, 4**) není tak kritická, jako u prvního pacienta. Efekt podpory periferní perfuze při první proceduře byl nízký, a během procedury dokonce došlo ke snížení průměrné hodnoty perfuze, což je následek periodického zaškrcování

končetiny těsnicí manžetou (během přetlakové fáze), na které krevní průtok kapilárami nehtového lůžka palce reagoval velmi výrazně, viz záznam z měření:



Graf č. 7: záznam vývoje PU během celé 1. procedury VCT

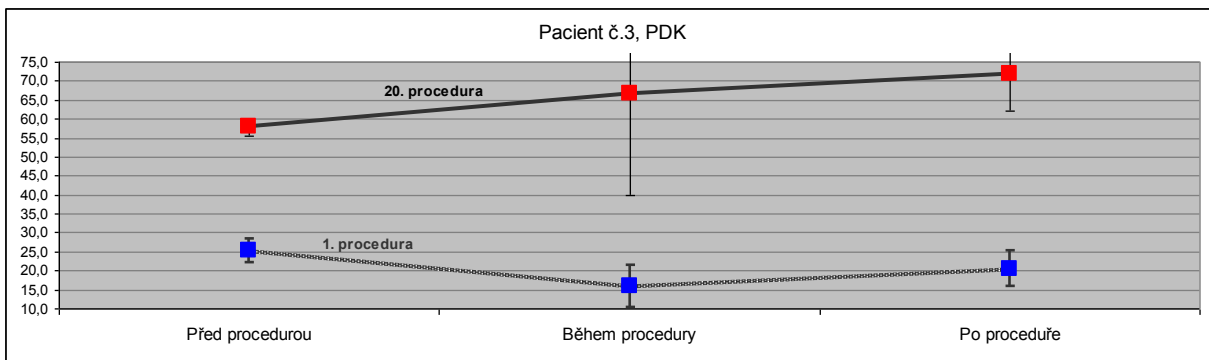
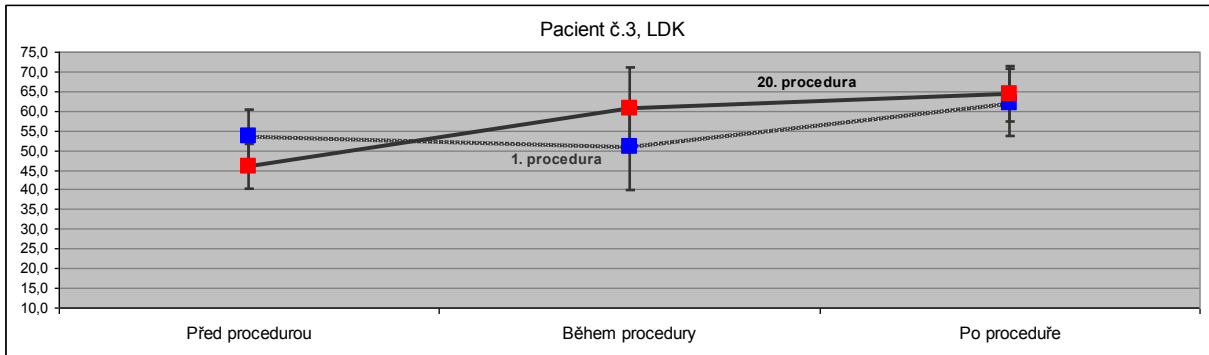
Zdroj: doc. Jaroslav Průcha

Ovšem 20. procedura demonstruje významně zvýšenou výchozí hodnotu perfuze i mírný přetrvávající efekt podávání procedury během jejího průběhu i po ní. Jedná se zjevně o pacienta, pro kterého mělo přínos podávání série procedur, které stimulovaly požadovanou nápravu v průchodnosti arterií, a možná i rozvoj kolaterálních arteriol zabezpečujících dlouhodobou remisi onemocnění.

Pozn.: Tlustý černý pás na grafu č.7 dole je časový záznam teploty regulované vyhřívanou sondou na konstantní teplotu 37°C, čímž je eliminován vliv změn v termoregulační perfuzi.

### Pacient č. 3

Pacient č. 3 měl léčeny obě končetiny a proměřen byl jak při první, tak při 20.



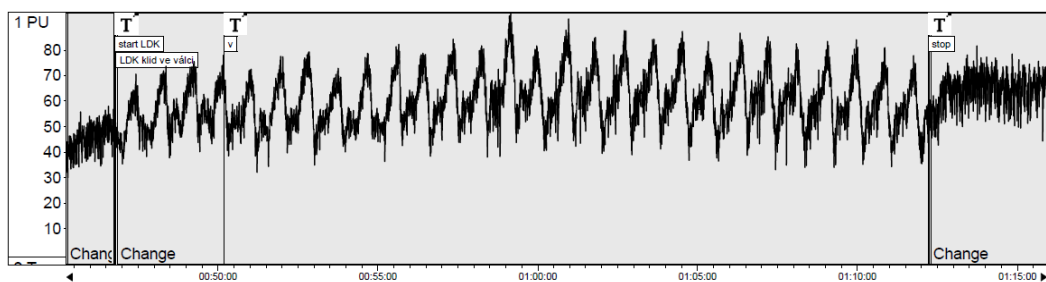
proceduře.

Grafy č. 8, 9: Vývoj střední hodnoty PU během 1. procedury (modrá) a během 20. procedury (červená) levé a pravé dolní končetiny

Zdroj: doc. Jaroslav Průcha, Aneta Koudelková

Tento velmi zajímavý případ ukazuje zásadní rozdíl mezi efektem léčby VCT na LDK a PDK. Zatímco na PDK je efekt obrovský a opět se projevil až při poslední proceduře, kdy je velký jak celkový posun v klidové perfuzi (z hodnoty kolem 25 na hodnotu kolem 60), tak i stále významný okamžitý efekt podané 20. procedury, zatímco léčebný účinek na LDK se významně neprojevuje ani po 20. proceduře. Ovšem rozdíl efektu prokrvení mezi 1. a 20. procedurou na LDK nasvědčuje změnám v cévním zásobování LDK. 20. procedura má zjevný přínos v jejím průběhu i po jejím ukončení. Toto nasvědčuje potřebě podávání procedur VCT i v sériích delších než-li 20 procedur, viz časový záznam 20. procedury.

Percent Change Areas

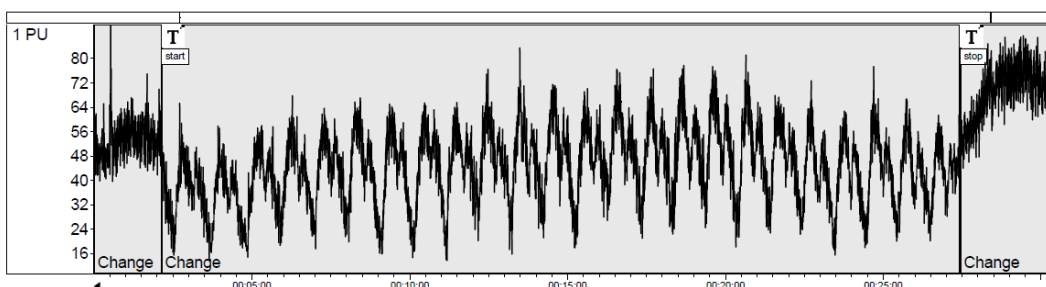


Gr

af č. 10: záznam vývoje PU během celé 20. procedury VCT, LDK

Zdroj: doc. Jaroslav Průcha

Percent Change Areas



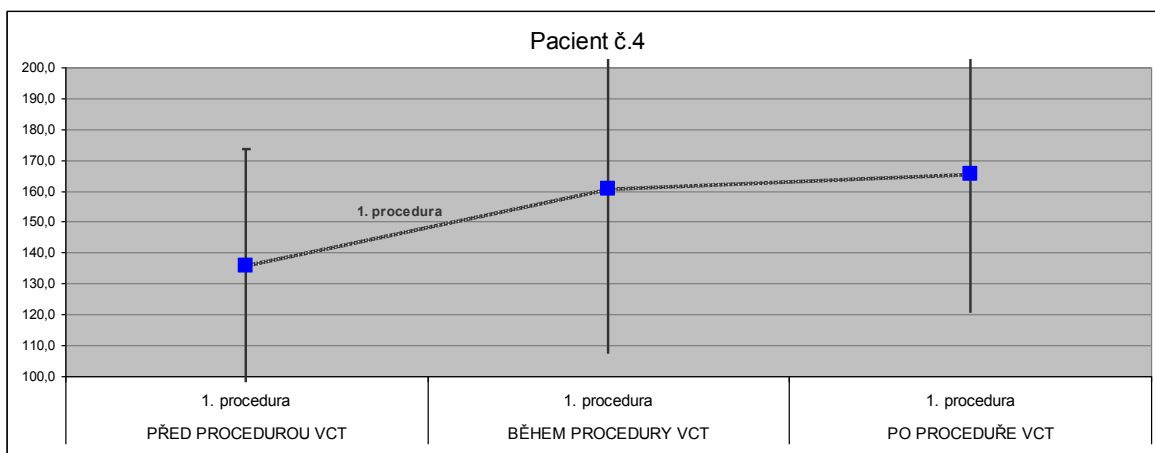
Gr

af č. 11: záznam vývoje PU během celé 1. procedury VCT, LDK

Zdroj: doc. Jaroslav Průcha

## Pacient č. 4

Pacient č. 4 byl měřen na jiném místě distální části DK, výsledky tudíž nelze s ostatními srovnávat. Efekt VCT se projevuje během procedury a setrvává i po jejím ukončení.

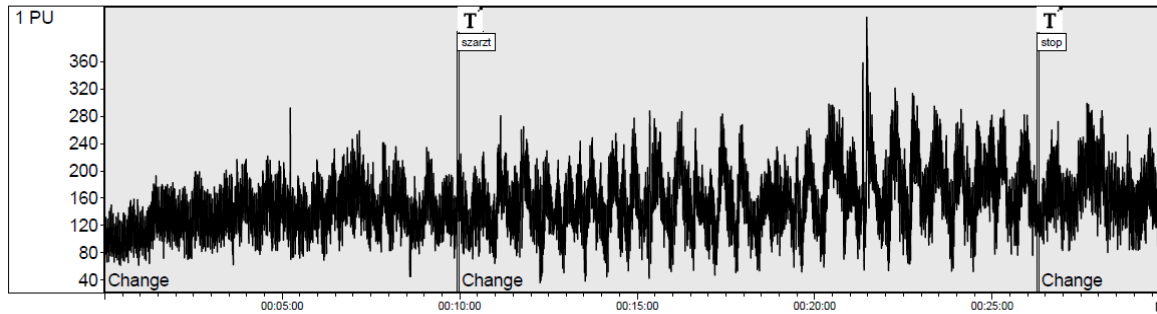


Graf č.12: Vývoj střední hodnoty PU během 1. procedury

Zdroj: doc. Jaroslav Průcha, Aneta Koudelková

Měření při 20. proceduře nebylo však realizováno, neboť měření na jiné části DK, kde nejsou kapiláry uspořádány tak ideálně, jako je tomu v oblasti nehtového lůžka, vede ke zvýšení směrodatné odchylky měření, což je patrné i z časového průběhu měření:

Percent Change Areas

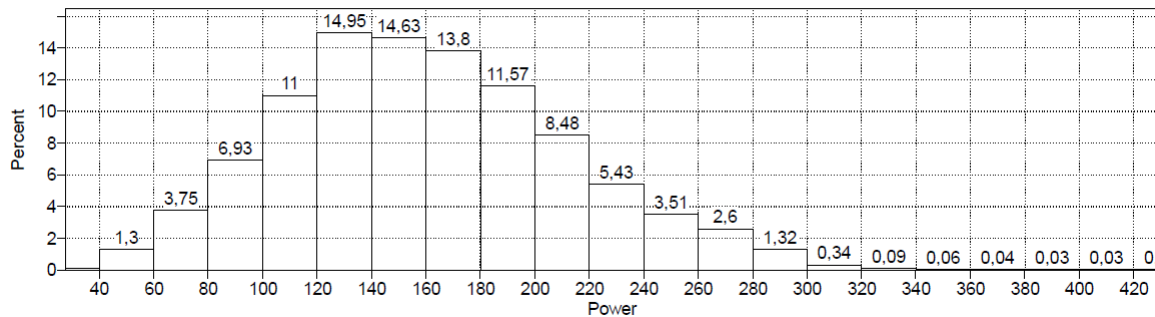


Graf č.12: časový záznam vývoje PU během celé 1. procedury

Zdroj: doc. Jaroslav Průcha

Rostoucí trend prokrvení je však i zde patrný, a i v tomto případě je splněna podmínka Gaussovosti rozdělení měřených hodnot.

Histogram Channel: 1. PU

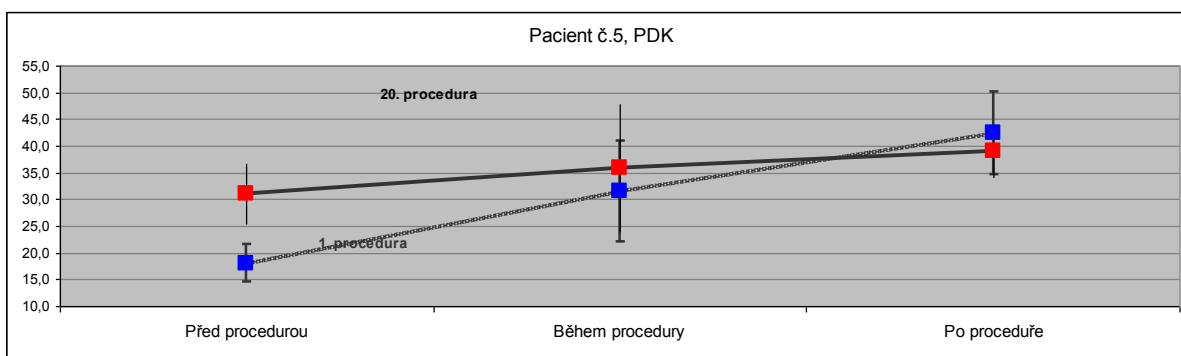
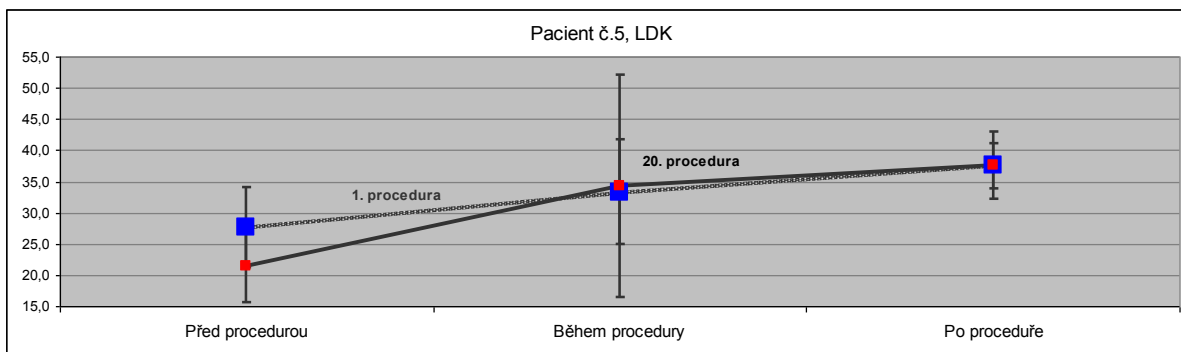


Graf č.13: Histogram spektrální výkonové hustoty perfuze změřené laserovou flowmetrií během procedury VCT

Zdroj: doc. Jaroslav Průcha

## Pacient č. 5

Pacient č. 5 poskytl údaje z obou léčených končetin, z první i poslední (20.) procedury:



Graf č.14 a 15: Vývoj střední hodnoty PU během 1. procedury (modrá) a během 20. procedury (červená) levé a pravé dolní končetiny

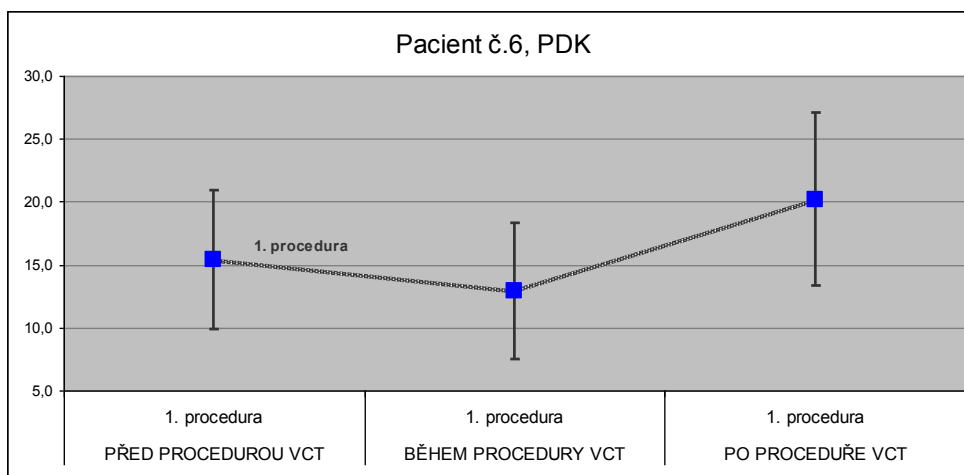
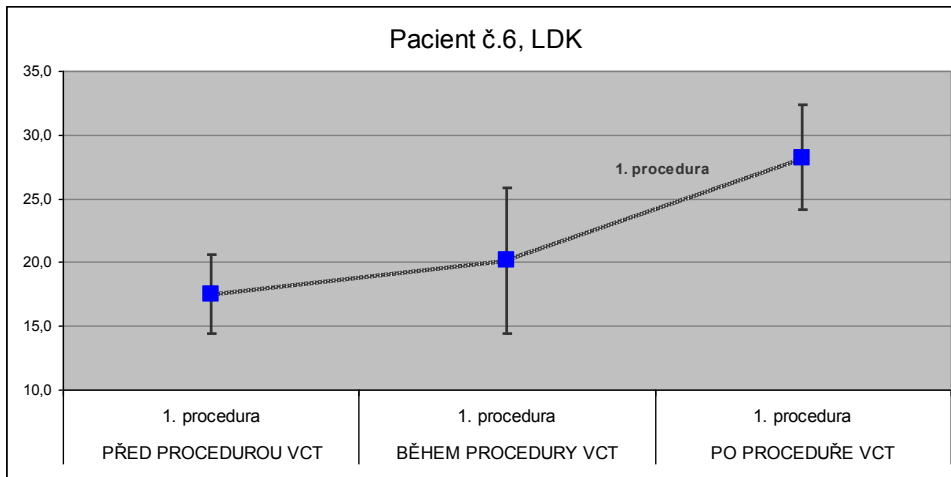
Zdroj: doc. Jaroslav Průcha, Aneta Koudelková

Jak 1. procedura, tak i 20. procedura přinesly významnou stimulaci prokrvení, ovšem větší nárůst klidového počátečního prokrvení po 19. procedurách je patrný jen u PDK, nikoliv u LDK, ovšem u LDK je při 20. proceduře výraznější účinek procedury oproti účinku 20. procedury u PDK. Vysvětlením by mohlo být dosažení trvalejších změn v cévní průchodnosti v PDK a naopak potřeby pokračování procedur na LDK, kde se teprve okamžitý účinek procedury začíná projevovat.

U obou končetin je však patrný přínos VCT, i když ne tak výrazný, jak se s ním v některých případech setkáváme. V označené fázi 20. procedury je u PDK patrné zlepšení perfuze během procedury vyvolané snížením přetlaku a tím i následným snížením tlaků v těsnici manžetě. Je rovněž patrné, že tento potenciál se poměrně rychle vyčerpává a další zlepšení může přinést opět další změna hodnot či poměru hyperbarického a hypobarického léčebného prostředí v aplikátoru.

## Pacient č. 6

Pacient č. 6 poskytl objektivizaci účinku VCT na jeho obou DDK, ovšem jen při 1. proceduře.



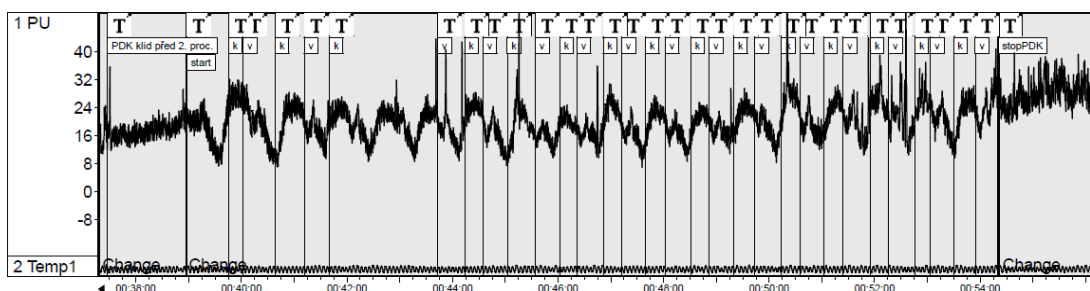
Graf č. 16 a 17: Vývoj střední hodnoty PU během 1. procedury na LDK a PDK

Zdroj: doc. Jaroslav Průcha, Aneta Koudelková

Z velmi špatných výchozích hodnot perfuze se u LDK dosáhlo velice významného účinku během procedury s dalším vzrůstem po jejím ukončení. U PDK byl celkový nárůst perfuze během procedury mírně záporný (zjevný důsledek zaškrcování končetiny během přetlaku v aplikátoru), zato okamžitě po proceduře dochází ke zřetelnému zlepšení. Škoda, že pro tohoto pacienta není k dispozici měření při 20. proceduře.

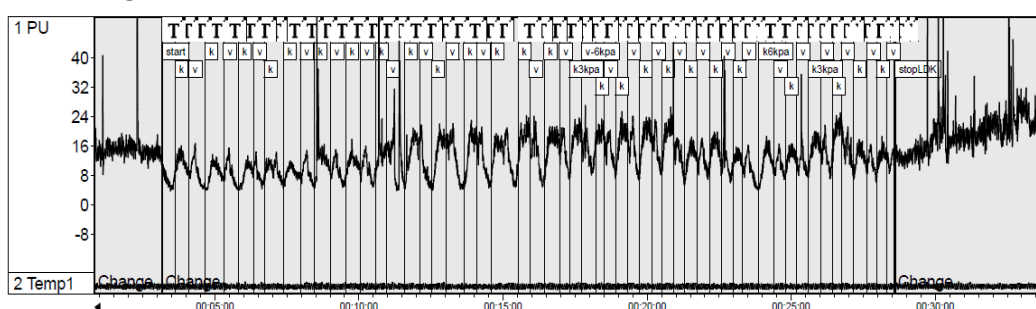


### Percent Change Areas



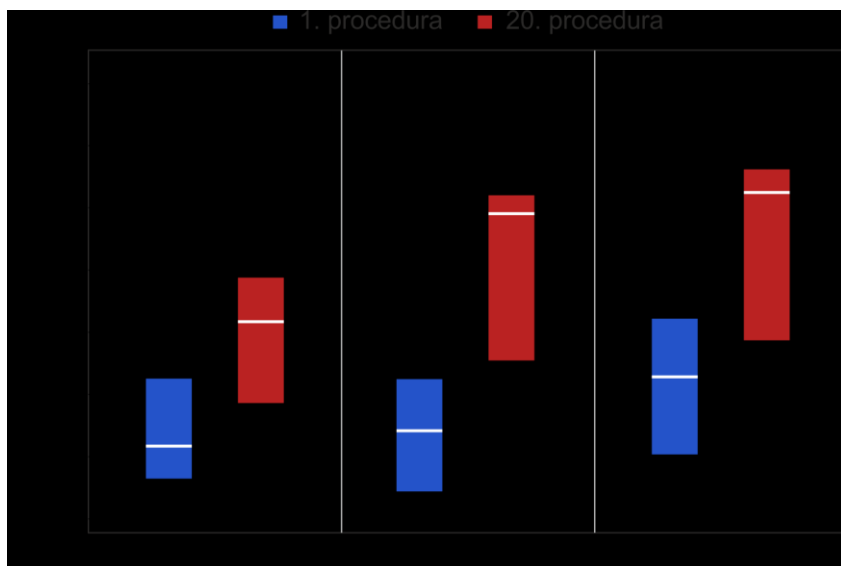
Graf č. 18: časový záznam vývoje PU během celé 1. procedury s vyznačením vakuové a kompresní fáze VCT, LDK Zdroj: doc. Jaroslav Průcha

### Percent Change Areas



Graf č. 19: časový záznam vývoje PU během celé 1. procedury s vyznačením vakuové a kompresní fáze VCT, PDK Zdroj: doc. Jaroslav Průcha

I když je počet léčených končetin malý (9) – a vzhledem k nekonzistentnosti metodiky je nutno ještě jednoho pacienta měřeného na jiném místě končetiny ze statistického vyhodnocení souboru případových studií vyloučit (pacient č. 4), takže počet léčených končetin léčených a sledovaných v 1. proceduře je 8 a počet končetin léčených a sledovaných ve 20. proceduře je jen 5, lze provést statistické vyhodnocení v podobě box-plot diagramu. Jeho výsledek je graficky znázorněn na následujícím obrázku:



Obr. č. 12: Celkové vyhodnocení PU všech probandů

Zdroj doc. Průcha, Aneta Koudelková

Hladina významnosti změřené perfuze před 1. a před 20. procedurou (tedy v „klidovém stavu“ před zahájením léčby a po 19. proceduře (vypočítaná na základě Studentova t-testu) činí  $p = 0,11$ . Tento výsledek není tedy signifikantní ( $p > 0,05$ ), i když poměrně malá hodnota 0,11 naznačuje trend ke statistické významnosti. Zde je nutno uvážit velmi malý počet vzorků, který brání dosažení vyšší hladiny statistické významnosti.

Ovšem hladina významnosti změřené perfuze mezi stavy po 1. a po 20. proceduře je již signifikantní:

$$p = 0,034$$

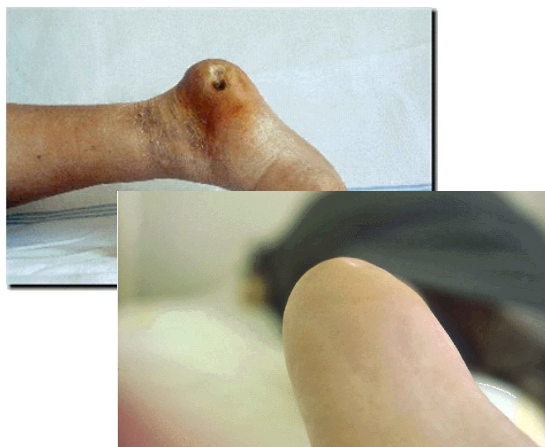
Rovněž hladina významnosti mezi perfuzí změřenou laserovou dopplerovskou flowmetrií během 1. a během 20. procedury je i při takto malém počtu vzorků statisticky vysoce významná:

$$p = 0,008$$

Bez ohledu na statistickou významnost je však z kvantitativního posouzení výsledků je patrné, že během 1. procedury je vliv VCT poměrně malý a projevuje se spíše až po proceduře. Ovšem po absolvování dostatečného počtu procedur se jednak zlepšuje výchozí stav perfuze (z průměru 25,8 na průměr 39,5, tedy o více jak 50 %) a jednak i účinnost VCT je zřetelně vyšší, a to již během procedury a ještě více po ní (nárůst 30 – 40%).

### 3. Diskuse

V mém výzkumu jsem se nesetkala s pacienty s diabetickou nohou ve vyšších stádiích dle Wagnera – Meggita. Nemohla jsem tudíž přispět k potvrzení ani k vyvrácení efektu dlouhodobé vakuově-kompresní intervence u těchto pacientů, jak o nich referuje například Božek (7), kde dlouholetá, fotograficky zdokumentovaná sledování kasuistik diabetiků s významnou ulcerací a předpokladem brzké nutnosti amputace, demonstrují úplné nebo alespoň částečné zhojení:



*Obr.č.13: Demonstrace úspěšného úplného vyléčení diabetického vředu po léčbě VCT,*

*Zdroj: (14)*

Tyto zdokumentované kasuistiky (MUDr. Ladislav Božek) sice výslovně neuvádějí, zda se jednalo o rány vylučující sekret, předpokládám však, že spíše nikoliv, nebo alespoň ne významně, neboť léčba takovýchto ran by měla být primárně prováděna s využitím jiné fyzikální intervence – aplikací lokálního řízeného vakua, V.A.C. terapie (Vacuum Assisted Closure), kde tato přístrojová terapie umožňuje drenáž tekutin či infekčních sekretů z rány. Podtlak v ráně rovněž pomáhá odstranit edém, zvyšuje prokrvení přilehlé tkáně (proto se může při prvních převazech rána opticky jevit jako větší), omezuje bakteriální kolonizaci, podporuje granulaci tkáně.

MUDr. Pavel Matoušek (10) publikoval celou řadu zdokumentovaných vyléčení torpidních bérceových vředů, tedy trofických defektů „nediabetické“, varikózní, smíšené a postflebitické etiologie (foto na následujícím obrázku demonstruje stav na začátku léčby, po dvou týdnech a po čtyřech týdnech léčby, celkem podáváno 20 procedur):



*Obr.č. 14: Typické změny bérceového vředu během léčby VCT, Zdroj: (14)*

Ne každý defekt se podařilo s využitím vakuově-kompresní terapie zcela zhojit, ale obvykle bylo dosaženo přijatelného stavu. Plocha vředů se v průměru snížila o více než polovinu, přes 30% torpidních ulcerací se podařilo zhojit úplně.

V práci (10) autor uvádí i několik kasuistik pacientů – diabetiků, ohrožených projevem náhlého zhoršení končetinové ischemie a vzniku trofického defektu, kdy se situaci podařilo do akceptovatelné míry zlepšit rychlou aplikací vakuově-kompresní terapie spolu s podáváním prostaglandinů.

Kromě těchto tuzemských studií zaměřených na léčbu trofických defektů s uplatněním vakuově-kompresní terapie existuje celá řada dalších klinických prací zaměřených na objektivizaci účinnosti vakuově-kompresní terapie, jakož i stanovení podmínek její účinnosti. Obecně je úspěchu dosahováno spíše u pacientů s ryze arteriálním typem postižení cévního řečiště končetiny. Například práce (1) vypracovaná v rámci kasuistiky, uvádí objektivní podporu hojení ischemické kožní ulcerace s reparací plnění kapilár v kůži. Tyto práce podporují správnost uplatnění fyzikální intervence VCT u pacientů s periferními komplikacemi diabetu. Ovšem z pohledu recentních výsledků uvedených v předchozí kapitole je zřejmé, že těžiště aplikace VCT by se mělo spíše než-li u stavů závažných poruch integrity kožního krytu nacházet v účinné prevenci těchto stavů, což vnímám v plném souladu s rolí fyzioterapie u těchto pacientů.

V současnosti by mělo být uplatnění VCT tudíž smysluplně směřováno především na diabetiky, ať už v rámci sekundární nebo terciární prevence periferních komplikací, respektive v rámci léčby diabetické senzomotorické polyneuropatie nebo suspektní diabetické ulcerace a v rámci podpůrné fyzikální intervence při kritické končetinové ischemii. Aktuální práce autorů Khadira et al. **(2)**, publikovaná v prestižním International Journal of Therapy and Rehabilitation v srpnu 2015, ač byla spojena se skvělými výsledky, byla prováděna za pomoci přístrojové techniky vývojově staré více než-li čtvrtstoletí. Citovaná studie zahrnovala 40 pacientů rozdělených randomizovaně do 2 skupin po 20 pacientech, kdy při jednoduchém zaslepení jedné skupině VCT procedury byly podávány, ve druhé skupině byl formou placebo realizován sham. U obou skupin bylo prováděno neinvazivní vyšetřování periferních cévních funkcí před procedurami, po dvou týdnech léčby, po čtyř týdnech léčby a měsíc po jejím ukončení. I přes použití obsolentní přístrojové terapeutické techniky výsledky svědčily pro vynikající účinek VCT.

Stejně tak autoři Rezaei a Bahrpeyma **(3)** publikující v iránském časopise pro diabetes a metabolismus (uváděn v databázích Scopus i Web of Knowledge) ve své studii z roku 2007 seznamují s vynikajícími efekty VCT na prokrvení postižené dolní končetiny u diabetiků (do studie zahrnut soubor 18 pacientů, design studie proveden jako case-series study), přestože autoři použili opět obsolentní přístroj Vasotrain bez jakékoliv optimalizace parametrů podávané procedury.

Další autor Akbari et al. **(4)** provedl téhož roku 2007 velmi kvalitní randomizovanou studii na 18ti pacientech s diabetickými ulceracemi a zjistil, že VCT signifikantně přispívá k hojení ulcerací a snížení rizika amputace. Ovšem i tito autoři používali zcela neoptimálního, byť průkopnického přístroje Vasotrain 447 z 80. a 90. let minulého století od známého holandského výrobce přístrojů pro fyzikální terapii firmy Enraf Nonius.

Naopak autoři Ubbink, Oord, Sobotka a Jakobs **(5)**, kteří pomocí VCT léčili ischemickou chorobu dolních končetin ve fázi klaudikací, ve své studii z roku 2000 dospěli k závěru, že VCT nemá významnější vliv. Do prospektivní studie zahrnuli 10 pacientů a 5 kontrol. Je přirozené, že za situace, kdy použili opět obsolentní přístroj Vasotrain 447, se nevyhnuli efektu zaškrcené končetiny, který byl zvláště u dvou pacientů problematický, což mohlo být ovšem způsobeno i nesprávným napolohováním aplikačního válce. Pro všechny probandy též použili jednotného přetlaku +5 kPa

a podtlaku -10 kPa, což má velmi daleko k optimální volbě parametrů. Ačkoliv se k VCT stavěli velmi kriticky, přesto prokázali signifikantní zlepšení transkutánní tenze kyslíku ( $T_{cpO_2}$ ) a mikrovaskulárních funkcí měřených laserovou dopplerovskou flowmetrií (LDF).

Jejich práce podporuje správnost uplatnění laserové dopplerovské průtokometrie při objektivizaci účinnosti VCT, zároveň však vyvolává závažnou související otázku: Autoři práce (5) dosáhli ve shodě s výsledky uvedenými v mojí práci průkazu významného zvýšení kapilární perfuze vlivem VCT, ale vliv na zvýšení parciálního tlaku kyslíku byl sice rovněž patrný, ale jen v malé míře. Parciální tlak kyslíku difundujícího přes pokožku se přitom zjišťuje poměrně náročnou metodou transkutánní oxymetrie pomocí Clarkovy sondy. Uplatnit tuto metodu v naší studii jsem však neměla možnost, proto nelze ani srovnávat výsledky.

Čínští autoři Qi, Qi a Ma (6) se ve své práci zabývají využitím vakuově-kompresní terapie při léčbě ischemické choroby dolních končetin. Sledují 40 případů periferního arteriálního onemocnění (23 pacientů s thromboangiitis obliterans – celkem 31 léčených končetin, 17 pacientů s arteriosclerosis obliterans – 23 končetin). Používají vakuově-kompresní přístroj vlastní výroby. U pacientů s diagnózou thromboangiitis obliterans dosáhli 97% efektivity, u pacientů s arteriosclerosis obliterans 92% efektivity. Rebound syndrom nepozorovali. Uzavírají, že vakuově-kompresní terapie je velmi vhodnou léčebnou metodou pro léčbu pacientů s ischemiemi dolních končetin. Jimi publikované výsledky se zdají být až příliš optimistické a rovněž chybí přesný popis metodiky.

Ovšem i v České republice již od 90. let minulého století probíhal intenzivní klinický výzkum medicínské technologie vakuově-kompresní terapie. S přístroji tehdejších generací byla uskutečněna řada experimentů a studií, publikovaných v odborných recenzovaných českých časopisech. Např. primář rehabilitačního oddělení Polikliniky Modřany v Praze MUDr. Zdeněk Kunc se zabýval podrobným sledováním účinnosti vakuově-kompresní terapie v řadě rehabilitačních indikací a dospěl k závěru, že 74 % pacientů zaznamenalo výrazné, 17% částečné a jen 9% žádné zlepšení. Výsledky své studie publikoval (9):

Prof. MUDr. Karel Koudela spolu s doc. PhDr. Jaroslavem Průchou zabýval možnostmi objektivizace změn prokrvení dolní končetiny podrobené léčebnému vlivu vakuově-kompresní terapie. Poukázali na to, že vhodnou veličinou k objektivizaci vlivu

této fyzikální léčby na periferní prokrvení je perfuzní index **(11)**. Tento parametr však není v mojí práci měřen, poněvadž přístroj, který jsem měla k dispozici nebyl vybaven příslušným diagnostickým modulem.

Doc. MUDr. Nakládalová se zabývala využitím vakuově-kompresní terapie v oboru pracovní medicíny a své pozitivní zkušenosti shrnula v publikaci **(12)**:

Informace o vakuově-kompresní terapii a jejím uplatnění v medicíně se objevily v řadě českých, ale i zahraničních učebnic pro studenty medicíny i fyzioterapie, např. **(13 – 18)**.

Vakuově-kompresní terapií se zabývalo i několik studentských závěrečných prací vypracovaných například na Universitě Palackého v Olomouci **(18)**. 20 pacientů s bércovým vředem žilní etiologie ve věkovém rozmezí 58 – 83 let. Pacienti byli náhodně rozděleni do dvou skupin, přičemž porovnáním ploch defektů u obou skupin před zahájením terapie nebyl shledán statisticky významný rozdíl mezi skupinami na hladině nižší jak 0,05. Obě skupiny podstoupily standardní konzervativní terapii. Skupina A navíc absolvovala sérii 20 sezení vakuové kompresní terapie, aplikované 1x denně po dobu 25 – 30 minut. Prvních deset procedur s parametry +2/-2 kPa o periodě +75/-60 sec, druhých deset procedur s parametry +3/-3kPa o periodě +70/-50 sec. Před započítáním celkové terapie a po jejím ukončení byl každý bércový vřed fotograficky zdokumentován **(18)**.

Rozdíl mezi velikostí plochy vředu před a po 4 – 5 týdnech terapie u skupiny A (s VKT) byl statisticky velmi významný - dle Wilcoxonova párového testu na hladině  $p=0,009$ , oproti tomu u skupiny B (bez VKT) byla změna velikosti defektu na statisticky výrazně nižší hladině  $p=0,023$ . Potvrdilo se, že vakuově-kompresivní terapie v kombinaci se standardní převazovou terapií vede k jednoznačnému urychlení hojení defektu. U žádného z pacientů nezpůsobilo použití VKT s výše uvedenými parametry podtlaků a přetlaků nadměrné krvácení z vředu či zhoršení subjektivních potíží pacientů.

V diskusi s touto prací lze prohlásit, že i v námi provedeném výzkumu, kde jsem využívala manuální regulace velikosti přetlaku a podtlaku ve zpětné vazbě na základě údajů získávaných v reálném čase z laserového flowmetru, vedly menší hodnoty přetlaku a podtlaku k dobrým efektům na zlepšování perfuze a zároveň k lepší toleranci této formy fyzikální léčby pacientem. Lze tudíž vyjádřit domněnku, že podávání vyšších

hodnot přetlaků a podtlaků při aplikaci vakuově-kompresní terapie má spíše historický základ, neboť v prvních deceniích používání VCT se pracovalo s hodnotami až do +/- 20 kPa. I současný úzus držet se pro dobrou účinnost až kolem +/- 10 kPa může být irelevantní a i značně menší hodnoty tlaků / podtlaků mohou být zjevně klinicky účinné. Moje zkušenost s podáváním vakuově-kompresní terapie spíše ukazuje na potřebu střídání zásadním způsobem léčebně působící hypobarické fáze s dostatečně velkým přetlakem, schopným účinně podpořit venózní návrat vakuem nasátého volumu krve, a rovněž tak na potřebu změn velikosti intervenujícího přetlaku a podtlaku i během procedury, čímž se brání především nežádoucí adaptaci periferní cirkulace na VCT a tím oslabení jejího účinku v pozdější fázi procedury.

Vakuově-kompresní terapie je zmiňována jako účelná a účinná metoda též v dalších publikacích a dostupných konferenčních příspěvcích předních českých odborníků v rehabilitaci a fyzikální medicíně, například as. MUDr. Vacka, doc. MUDr. Jandové, prim. MUDr. Poděbradského, prof. Dr. Koláře a dalších. Celá řada dalších odborných studií zaměřených na vakuově-kompresní terapii pochází rovněž od dalších českých a slovenských autorů a zahrnuje například práce MUDr. Ladislava Božka (diabetologie), MUDr. Marie Mickové (diabetologie, balneologie), MUDr. Zdeňka Kunce (léčebná rehabilitace), MUDr. Karla Roztočila (cévní medicína), prof. MUDr. Vladimíra Resla a MUDr. Jaroslavy Tomanové (flebologie), prof. dr. B. Bo Šrámka (hemodynamika), prof. MUDr. Viery Štvrtinové (angiologie), doc. PhDr. Jaroslava Průchy a dalších. Tyto práce, které byly většinou předneseny na konferencích a seminářích, přináší mnoho klinických důkazů o účinnosti a bezpečnosti vakuově-kompresní terapie.

Klinický výzkum vakuově-kompresní terapie na českých a slovenských klinických pracovištích zaznamenává i v posledních letech rostoucí intenzitu, která se odráží v publikační aktivitě. V roce 2013 zveřejnil česko-slovenský výzkumný tým Ticháček, Štvrtinová, Gúth, Hána a Průcha odbornou biofyzikální studii (19), která kvantifikuje vliv vakuově-kompresní terapie na zvýšení dodávky kyslíku léčené končetině. Tato studie využívá výsledků starších biomedicínckých experimentů a nově je vyhodnocuje s využitím poznatků fyziologie a simulačních metod lékařské biofyziky. Výsledná zjištění potvrzují významný vliv vakuově-kompresní terapie na podporu periferní perfuze. Z mého pohledu je důležité, že metodika kvantifikace odpovídá modelu kapilární perfuze, uváděném v mé práci.



Obrátím-li pozornost k výsledkům studie, na níž byla zaměřena moje práce, pak v souvislosti s těmito výsledky i ve světle údajů publikovaných dalšími autory, ukazuje se, že:

**Přínos VCT ke zlepšení periferní perfuze je celkově i ve většině případů patrný.**

V předložené studii jsem měla možnost vyhodnotit jen devět dolních končetin šesti pacientů. I pro tak malý počet prvků lze však provést výpočet statistické významnosti účinnosti VCT. Hladina významnosti změřené perfuze před 1. a před 20. procedurou (tedy v „klidovém stavu“ před zahájením léčby a po 19. proceduře (vypočítaná na základě Studentova t-testu) činí  $p = 0,11$ . Tento výsledek není tedy signifikantní ( $p > 0,05$ ), i když poměrně malá hodnota 0,11 naznačuje trend ke statistické významnosti. Zde je nutno uvážit velmi malý počet vzorků, který brání dosažení vyšší hladiny statistické významnosti. Ovšem hladina významnosti změřené perfuze mezi stavy po 1. a po 20. proceduře je již signifikantní ( $p = 0,034$ ). Rovněž hladina významnosti mezi perfuzí změřenou laserovou dopplerovskou flowmetrií během 1. a během 20. procedury je i při takto malém počtu vzorků statisticky vysoce významná ( $p = 0,008$ ).

Bez ohledu na statistickou významnost je však z kvantitativního posouzení výsledků je patrné, že během 1. procedury je vliv VCT poměrně malý a projevuje se spíše až po proceduře. Ovšem po absolvování dostatečného počtu procedur se jednak zlepšuje výchozí stav perfuze (z průměru 25,8 na průměr 39,5, tedy o více jak 50 %) a jednak i účinnost VCT je zřetelně vyšší, a to již během procedury a ještě více po ní (nárůst 30 – 40%). Tyto závěry jednoznačně svědčí pro potřebu podávání většího počtu procedur v léčebné sérii. Ani 20 procedur není u pacientů s hraniční nebo rozvinutou končetinovou ischemií zřejmě dostatečný počet. Nasvědčují tomu i klinické zkušenosti autorů diskutovaných výše, jakož i vysoká účinnost vakuově-kompresní intervence během 20. procedury (zatímco účinnost během 1. procedury byla malá). Tyto skutečnosti dobře odpovídají představě o vlivu VCT na angiogenezi, kdy stimulovaný proces přeměn arteriolo-arteriolárních anastomóz na plnohodnotné kolaterály překlenující stenózy nebo obliterace některých tenkých arteriolárních větví je dlouhodobý a vyžaduje delší dobu působení fyzikální intervence.

Tuto hypotézu podporuje též porovnání efektu VCT na kapilární perfuzi před a po 1. a před a po 20. proceduře. I když ani v jednom případě není přírůstek perfuze statisticky významný (při 1. proceduře je to zvýšení průměru z 25,8 na 33,5; při 20. proceduře z průměru 39,5 na průměr 55,1). Rovněž hladina významnosti mezi vyhodnocením 1. a 20. procedury vzrostla z 0,31 na 0,14. Uzavírám tudíž: **Přínos VCT v dané indikaci souvisí s dostatečným počtem podaných procedur – zdá se, že ani obvyklých 20 procedur v léčebné sérii nemusí být dostatečný počet.**

S výjimkou jediné došlo u všech končetin účinkem intervence VCT vždy ke zvýšení kapilární perfuze. Ovšem: **Léčené končetiny (i u téhož pacienta) nereagují na VCT stejně – interindividuální rozdíly mohou být dosti velké.**

Je rovněž patrné, že efekt VCT na kapilární prokrvení je ve významné míře závislý na: správné volbě spíše parametrů, spíše šetrných, optimálním napolohování aplikátoru a správné technice hermetického utěsnění končetiny v aplikátoru.

Pozorovala jsem, že čím intenzivněji a cíleněji využívám možnosti manuální korekce tlakových parametrů procedury v závislosti na vývoji hodnoty kapilární perfuze měřené laserovým dopplerovským flowmetrem, tím lépe se zvyšuje perfuze v distální části končetiny (zároveň je i podávání procedury pro pacienta komfortnější, ale pro fyzioterapeuta náročnější).

Studie jiných autorů se tímto aspektem až na výjimky nezabývají, a rovněž tak se nezabývají potřebou optimálního napolohování aplikátoru přístroje. Sledovala jsem totiž automaticky regulovaný tlak v těsnici manžetě, potřebný k nezbytnému hermetickému utěsnění končetiny. Tento tlak by měl být pochopitelně co nejmenší, aby končetina nebyla zaškrcována. Automatika přístroje sice pracuje zřejmě dobře, ale pokud není aplikátor správně napolohován vůči končetině a končetina neprochází těsnicí manžetou centrálně, tlak v manžetě se samočinně zvýší, aby i tak bylo hermetického utěsnění dosaženo – ovšem za cenu zaškrcení končetiny. Poněvadž se tím zhorší především žilní návrat, dojde ke zvýšení tlaku v končetině, což působí přímo proti pozitivnímu vlivu VCT. Pro správné utěsnění končetiny musí být tato rovněž zavedena do aplikátoru co nejvíce proximálně a pacient musí být pohodlně, ale přitom pevně usazen do aplikačního křesla. Jinak se pohybem trupu na křesle mění poloha končetiny vůči aplikátoru, vzniká netěsnost a automatika přístroje „řeší“ tuto situaci nežádoucím zvýšením tlaku v těsnicí manžetě.

Dosažené výsledky samy o sobě i v kontextu údajů z odborné literatury svědčí jak o účinnosti VCT v indikacích periferních komplikací diabetu, tak i pro pokračování ve studiích věnovaných této fyzikálně-léčebné metodě.

#### **4. Závěr**

Získané výsledky svědčí pro objektivní vysokou účinnost metody vakuově-kompresní terapie na okamžité i dlouhodobé zlepšení perfuze DDK postižených kritickou končetinovou ischemií indukovanou diabetem.

**H1:** Hodnota P bude u většiny pacientů vykazovat stoupající trend po skončení měření 1. i 20. terapie VCT – **potvrzena.**

**H2:** Hodnota P bude u většiny pacientů během 20. procedury VCT vyšší než před začátkem 20. procedury VCT – **potvrzena.**

**H3:** Hodnota P bude u většiny pacientů během 20. procedury VCT vyšší než během 1. procedury VCT – **potvrzena.**

## Literatura:

1. McCulloch, Joseph M. Vacuum-Compression Therapy for the Treatment of an Ischemic Ulcer, *Physical Therapy*, 1993, vol. 73, Number 3, pp. 165 – 169.
2. Khadir, Sh. A. et al. Effect of vakuum compression therapy on lower limb vascular parameters in people with type 2 diabetes, *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, 2015, vol. 22, No. 9, pp. 421-426.
3. Rezaei K., Bahrpeyma F. Effect of vacuum-compression therapy (VCT) on košer limbs blood flow aminy diabetic patiens, *Iranian Journal of Diabetes and Metabolism*, 2007, vol. 6, No. 4, pp. 351-358.
4. Akbari A., Moodi H., Ghiasi F. et al. Effect of vakuum-compression therapy on healing of diabetic foot ulcers: Randomized control trial, *Journal of rehabilitation Research and Development*, 2007, vol. 44, No. 5, pp. 631-636.
5. Ubbink D.Th., van der Oord B.M., Sobotka M.R., Jacobs M.J.H.M. Effects of vacuum compression therapy on skin mikrocirkulation in patiens suffering from lower limb ischaemia, *Vasa*, 2000, vol. 29, NO. 1, pp. 53-57.
6. Qi, Y.-B., Qi, G.-Y., Ma, Q.-Y. Vakuum-compression therapy for ischemic disaease of the extremities: Experience with 40 patients, *Academic Journal of Xi'an Jiaotong University*, Volume 21, Issue 3, August 2009, pp. 206-208.
7. Pitr K., Průcha J., Resl V., Záhlava J., Zábran J. Vakuově-kompresní terapie: Hemodynamická metoda fyzikální léčby – pět let výzkumů a zkušeností, *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2001, vol. 8, No. 1, pp. 18-32.
8. Sundly, O.H., Hoiseth, L.O., Mathiesen, I. Et al. Application of intermittent negative pressure on the lower extremity and its effect on macro- and microcirculation in the foot of healthy volunteers. *Physiological Reports*, 2016, Vol. 4, Iss. 17.
9. Kunc Z. Vakuově-kompresní terapie z pohledu rehabilitačního lékaře, *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2004, vol. 11, No. 4, pp. 180-183.
10. Matoušek P. Využití vakuově-kompresní terapie u angiologických a flebologických pacientů, *Praktická flebologie*, 2006, vol. 15, No. 3, pp. 56-64.

11. Koudela K., Průcha J. Praktická možnost objektivizace změn prokrvení dolní končetiny podrobené léčebnému vlivu vakuově-kompresní terapie, *Rehabilitácia*, 2007, Vol. 44, No. 4, pp. 238 – 240.
12. Nakládalová, M. et al. Vakuově-kompresivní terapie v pracovním lékařství, *Pracovní lékařství*, 2015, vol. 66, No. 4, pp. 151 – 153.
13. Kolář P. Rehabilitace v klinické praxi. Nakladatelství Galén, Praha: 2012, str. 289, kapitola: Vakuumkompresní terapie.
14. Štvrtinová V. (ed.). *Choroby ciev*. Slovak Academic Press, B-lava: 2008, str. 258–262, kapitola Vakuovo-kompresná terapia.
15. Poděbradský J., Vařeka I. *Fyzikální terapie I*, str. 37 – 40. Grada Publishing, Praha: 1998.
16. Poděbradský J., Poděbradská R. *Fyzikální terapie – Manuál a algoritmy*, kapitola Vakuum-kompresivní terapie, str. 177-178. Grada Publishing, Praha: 2009.
17. Gúth A. *Liečebné metodiky v rehabilitácii pre fyzioterapeutov*. Vydavateľství Liečreh, Bratislava: 2005.
18. Karásková K., Urban J. *Vakuum kompresní terapie u seniorů s ulcus cruris venosum*.
19. Sborník abstraktů III. absolventská konference Katedry fyzioterapie Fakulty tělesné kultury, konference konána ve dnech 18. - 19. 6. 2010 v Olomouci.
20. Ticháček J., Štvrtinová V., Gúth A., Hána K., Průcha J. Kvantifikace vlivu vakuově-kompresní terapie na přímé zvýšení dodávky kyslíku léčené končetině. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2013, vol. 20, No. 2, pp. 95-108.
21. Průcha J., Rušavý Z., Klapalová A., Volejník V., Ticháček J., Hána K. Přínosy vakuově-kompresní terapie u pacientů s nedostatečnou perfuzí dolních končetin. *Rehabilitácia*. Bratislava, 2014, vol. 51, No. 4, pp. 216-229.
22. Průcha J., Klapalová A., Volejník V., Ticháček J., Hána K. Studie typických změn periferní cirkulace při podávání procedur vakuově-kompresní terapie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2014, vol. 21, No. 1, pp. 28-37.
23. *Pohybové ústrojí ročník 24/2017 číslo 1 Suppl. Pokroky ve výzkumu, diagnostice a terapii. ISSN 2336-4777: Perspektivní původní práce „Fide, sed qui fidus,*

vide: Příspěvek k objektivizaci fyzikálně-léčebné intervence vakuově-kompresní terapií u diabetiků. Autoři: Jaroslav Průcha, Alena Klapalova, Kamila Řasova, Marcela Lippertova - Grunerova, Antonín Kratochvíl, pp. 40 – 52.

24.Česká diabetologická společnost, Standardy léčby pacientů se syndromem diabetické nohy

25.Vašalovská P., Komplexní rehabilitace u diabetické polyneuropatie, Olomouc 2011

26.Extremiter 2010 edice „Bette Future“, uživatelský manuál, 2015

27.Daniela Čechurová, Zdeněk Rušavý et al., Diagnostika a léčba syndromu diabetické nohy pro praxi, Diabetologické centrum 1. interní kliniky FN a LF UK v Plzni,Klasifikace diabetické nohy,<http://metabol.lfp.cuni.cz/old/noha/text.asp?t=klasif>

## Seznam obrázků, tabulek a grafů

### obrázky

- Obr. č. 1 – Klasifikace DN dle Wagnera-Meggita
- Obr. č. 2 - ilustrativní schéma jednoho cyklu vakuově-kompresní terapie
- Obr. č. 3- schéma působení vakuově-kompresní terapie na končetinu v hyperbarické fázi
- Obr. č. 4 - schéma působení vakuově-kompresní terapie na končetinu v hypobarické fázi
- Obr. č. 5 – schéma kapilární filtrace
- Obr. č. 6 – schéma vlivu VCT na kapilární filtraci
- Obr. č. 7 – schéma vlivu VCT (se silnou převahou podtlakové fáze) na kapilární filtraci
- Obr. č. 8 – schéma vlivu VCT s vyváženými fázemi přetlaku a podtlaku na kapilární filtraci
- Obr. č. 9: Arteriogeneze potencovaná VCT
- Obr. č. 10 vlevo.: Uspořádání experimentu pro objektivizaci vlivu VCT na prokrvení léčené končetiny s využitím radionuklidu  $^{99m}\text{Tc}$ .
- Obr. č. 11 vpravo: Změna prokrvení léčené i neléčené končetiny v závislosti na cyklech vakuově-kompresní terapie. Vzorkování po 5 sekundách.
- Obr. č. 12: Celkové vyhodnocení PU všech probandů
- Obr.č.13: Demonstrace úspěšného úplného vyléčení diabetického vředu po léčbě VCT
- Obr.č. 14: Typické změny bércevého vředu během léčby VCT

### tabulky

- Tab. č. 1 – Texaská klasifikace syndromu diabetické nohy (24)
- Tab. č. 2 – srovnání charakteristik SDN a ICHDK bez postižení onemocněním diabetem mellitem
- Tab. č. 3 – srovnání charakteristik SDN neuropatické a SDN angiopatické etiologie
- Tab. č. 4: Vliv vakuově-kompresní terapie na koncentraci oxygenovaného hemoglobinu při různých parametrech procedury – zjištěno výpočtem z výsledků remisně spektrofotometrických experimentů
- Tab. č. 5: Účastníci studie – specifikace.
- Tab. č. 6: periferní perfuze měřená laserovou průtokometrií

### grafy

- Graf č. 1 : Změna perfuzního indexu PI (modrá křivka); změna objemu končetiny (zelená křivka) a vývoj saturace arteriální krve kyslíkem SpO<sub>2</sub> (červená křivka) včetně regresních křivek (tence stejnobarevně) u pacienta č. 5 během procedury VCT
- Graf č. 2: Grafické vyjádření vývoje časové střední hodnoty mikrovaskulární perfuze před, během a po proceduře VCT
- Graf č. 3: Úroveň makrovaskulárního prokrvení léčené končetiny oceňovaná pomocí perfuzního indexu PI těsně před a těsně po podané proceduře VCT pro jednotlivé pacienty studovaného souboru.

#### 1. pacient

Graf č. 4: Vývoj střední hodnoty PU během první procedury

Graf č. 5: záznam vývoje PU během celé 1. procedury VCT

#### 2. pacient

Graf č. 6: Vývoj střední hodnoty PU během 1. procedury (modrá) a během 20. procedury (červená)

Graf č. 7: záznam vývoje PU během celé 1. procedury VCT

### 3. pacient

Grafy č. 8, 9: Vývoj střední hodnoty PU během 1. procedury (modrá) a během 20. procedury (červená) levé a pravé dolní končetiny

Graf č. 10: záznam vývoje PU během celé 20. procedury VCT, LDK

Graf č. 11: záznam vývoje PU během celé 1. procedury VCT, LDK

### 4. pacient

Graf č.12: časový záznam vývoje PU během celé 1. procedury

Graf č.13: Histogram spektrální výkonové hustoty perfuze změřené laserovou flowmetrií během procedury VCT

### 5. pacient

Graf č.14 a 15: Vývoj střední hodnoty PU během 1. procedury (modrá) a během 20. procedury (červená) levé a pravé dolní končetiny

### 6. pacient

Graf č. 16 a 17: Vývoj střední hodnoty PU během 1. procedury na LDK a PDK

Graf č. 18: časový záznam vývoje PU během celé 1. procedury s vyznačením vakuové a kompresní fáze VCT, LDK

Graf č. 19: časový záznam vývoje PU během celé 1. procedury s vyznačením vakuové a kompresní fáze VCT, PDK