

621.565.92:616—089—085.832.9

PROTOTYP TERMOELEKTRICKÉ CHLADICÍ JEDNOTKY PRO MÍSTNÍ OCHLAZENÍ U CHIRURGICKÝCH ONEMOCNĚNÍ

MUDr. Ivan STAVRATJEV, pplk. ing. Vladimír HELLER,
vojenská nemocnice v Brně, chirurgické odd.,
(přednosta plk. MUDr. Miroslav Nešpůrek, CSc.)
Vojenská akademie Antonína Zápotockého v Brně

1. Úvod

Naše práce vzešla z požadavku chladicího zařízení pro lokální ochlazení lidského těla. V klinické praxi se často setkáváme s potřebou lokální aplikace chladu i v několikadenním časovém rozpětí. Zvláště u chirurgických onemocnění je tento pomocný způsob terapie dosti častý.

Frekvenci běžného použití lokální terapie chladem podle druhů onemocnění lze shrnout takto:

- a) jako součást konzervativní léčby apendicitidy a jiných intraabdominálních akutních zánětů nevyžadujících okamžitý chirurgický zákrok,
- b) jako případná součást konzervativní léčby při krvácení z gastroduodena, traumatu jater, sleziny a ledvin,
- c) jako součást terapie u intrakraniálních poranění,
- d) k lokálnímu snížení metabolické potřeby tkání těžce poraněných končetin.

Při dosavadní potřebě lokálních chlazení organismu se používá gumových vaků naplněných ledem, který se často vyrábí v nedostatečném množství v chladničkách na odděleních zdravotnického zařízení. Z praxe je známo, že speciální výrobníky ledu na mnoha pracovištích většinou neexistují. Vezmeme-li v úvahu, že led v gumovém vaku je při běžné pokojové nemocniční teplotě — nemluvě o klimatických poměrech místností při přechodných letních vedrech — rozpuštěn na vodu o teplotě okolí maximálně za 2—3 hodiny, lze si snadno vypočítat spotřebu ledu za 24 hodiny. Je nutné na druhé straně připustit, že tato metoda je velmi jednoduchá a technicky nezručným personálem lehce zvládnutelná.

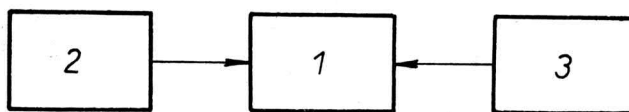
Naším úkolem bylo sestavit chladicí zařízení, jehož mechanismus by byl závislý na běžných energetických zdrojích, s možností regulace teploty a její trvalé, případně i několikadenní aplikace. Malá váha přístroje, účinnost a plocha chlazení, odpovídající alespoň ploše gumového vaku, byly dalšími požadavky, kterým vyhovuje jako zdroj chlazení termoelektrická chladicí baterie, tvořená soustavou intermetalických polovodičů.

2. Technické uspořádání a vlastnosti chladiče

Chladicí souprava se skládá z chladicího přístroje 1, elektrického zdroje stejnosměrného

proudu 2 a zdroje standardní teploty 3. Blokové schéma uspořádání soupravy je patrné z obrázku 1.

Obr. 1



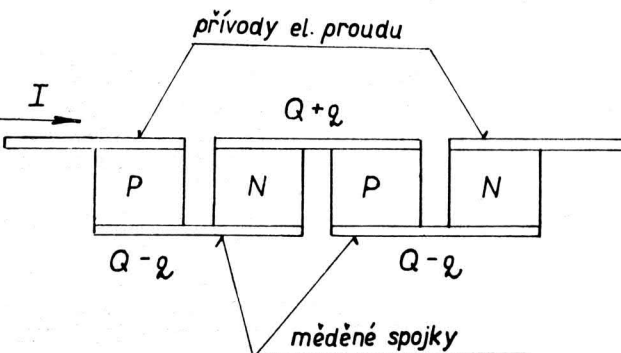
Základním prvkem chladicího přístroje je termoelektrická baterie (termobaterie), u níž je využito fyzikálního Peltierova jevu. Tento jev spočívá v tom, že při průchodu proudu spojem dvou kovů (intermetalických polovodičů) P a N se vybavuje nebo pohlcuje v místě spoje určité množství tak zvaného Peltierova tepla q , kromě tepla Joulova Q , které vzniká průtokem proudu každým vodičem. Vybavuje-li se při určitém směru proudu v místě spoje teplo, pak v opačném směru proudu se v témže místě teplo pohlcuje — viz obr. 2. [1]

Obr. 2



V chladicím přístroji bylo použito jednoho kusu článkové baterie typu T 24-20 A výroby VÚPM Šumperk. Tato termobaterie je tvořena soustavou intermetalických polovodičů typu P a N, které jsou vzájemně spojeny měděnými spojkami a opatřeny vodiči pro přívod elektrického proudu — viz obr. 3.

Obr. 3

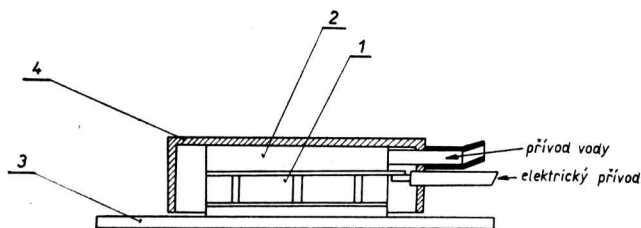


Tímto uspořádáním byly vytvořeny teplosměnné plochy: studená s množstvím tepla $Q-q$ a teplá s množstvím tepla $Q+q$, kde $q = f(I, t)$. Prochází-li stejnosměrný proud I termobaterií, pak studená strana baterie ($Q-q$) teplo pohlcuje a teplá strana ($Q+q$) teplo vyvíjí a toto teplo musí být odváděno. Změnou polaritu napájecího proudu dochází k záměně funkcí teplé a studené strany baterie. Jak je vidět z obr. 3, jsou články P a N zapojeny v sérii, takže pracují do společného temperovacího prostoru; studená strana do prostoru, z něhož odebírá teplo, a teplá strana do prostoru, kterému předává teplo.

Rozdíl tepelných množství mezi studenou a teplou stranou baterie $\Delta Q = 2q$. Rozdíl tepelného množství ΔQ je přímo úměrný rozdílu teplot na teplé a studené straně baterie $\Delta T = \tau_T - \tau_S$, kde τ_T je teplota teplé strany a τ_S je teplota studené strany termobaterie. Budeme-li udržovat teplou stranu na fixní teplotě (standardním zdrojem teploty), pak teplota studené strany $\tau_S = \tau_T - \Delta T$, kde ΔT je přímo úměrně $\Delta Q = 2q$.

Konstrukční uspořádání chladicího přístroje je patrné z obrázku 4.

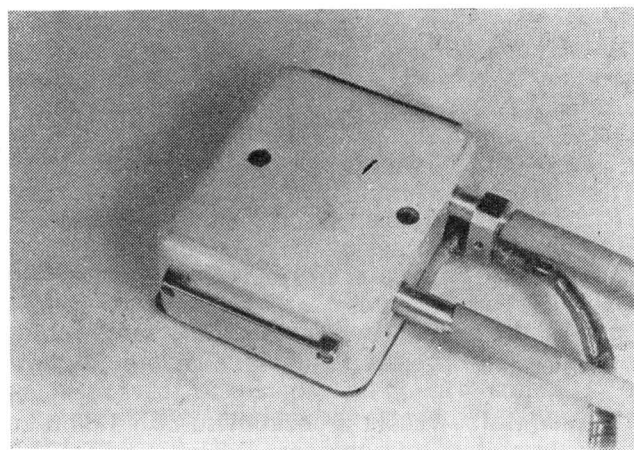
Obr. 4



K chladicí baterii 1 je z jedné strany přitisknut výměník tepla 2, který umožňuje udržovat teplou stranu termobaterie na vhodné konstantní teplotě. Zdrojem této teploty byla v našem případě voda z vodovodní sítě, která protékala meandrovitým výměníkem tepla o průtokovém množství 3–5 litrů za minutu a teplotě 15–22 st. C. Pro další alternativu je počítáno se zdrojem tepelného standardu, nezávislým na vodovodní síti, se zásobníkem vody o obsahu asi 5 litrů pro jednu chladicí jednotku. Ke studené straně chladicí baterie je přitisknuta kovová deska 3, která zprostředkuje odvod tepla z chlazeného objektu-chlazené části těla. Termobaterie i výměník tepla jsou umístěny v pouzdře z plastické hmoty 4. Skutečné provedení je patrné z obrázku 5.

Chladicí přístroj odvádí teplotu z plochy 200 cm². Elektrická energie pro napájení chladicího přístroje je získávána z usměrňovače, připojeného na elektrovednou síť přes izolační transformátor a dodávajícího do přístroje elektrickou energii o bezpečném napětí 3,5 V.

Jak již bylo řečeno, je intenzita chlazení závislá kromě času t také na velikosti stejnosměrného proudu, jehož hodnota je ručně regulovatelná od 0 do 18 A. Proto jsou v usměrňovači použity křemíkové diody pro vyšší proudové zatí-



Obr. 5

žení. Elektrický příkon je maximálně 60 W. Spotřeba elektrické energie za jednu hodinu je 0,06 kWh.

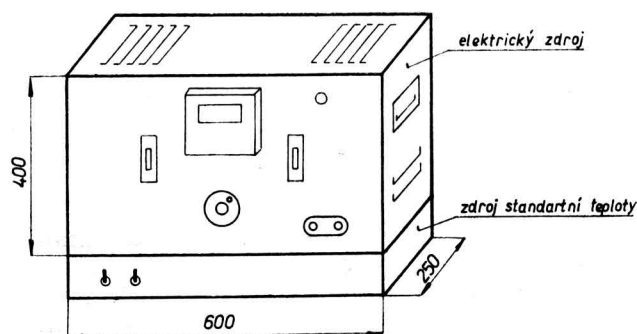
Pro další alternativu se předpokládá, že napájecí zdroj elektrického proudu i zdroj tepelného standardu by tvořily jeden celek, jehož idea je patrná z obrázku 6. Horní část přístroje by tvořil elektrický zdroj s hadičkovým čerpadlem a dolní část zdroj standardní teploty — zásobník s vodou či jinou chladicí kapalinou.

3. Poznámky z použití chladicího přístroje

Pro zhodnocení chladicího efektu chladicího přístroje bylo na pacientech provedeno několik srovnávacích měření, ve kterých se porovnával efekt chlazení vaku s ledem a chladicím přístrojem. Pro měření teploty na rozhraní chladicí desky a těla bylo použito elektrického termistorového kontaktního teploměru s časovou konstantou indikace kratší než 3 sec.

Po statistickém vyhodnocení výsledků měření bylo zjištěno, že pomocí chladicího přístroje našeho provedení lze na povrchu těla dosáhnout teplot o 6 st. C nižších než u vaku s ledem. Přitom intenzita chlazení při použití přístroje zůstává stálá, oproti použití gumového vaku naplněného ledem, kdy se intenzita chlazení mění. Je největší na počátku a s postupným rozpouštěním ledu klesá. Dosahovaná teplota minima na povrchu těla při použití vaku s ledem se pohybuje kolem 14 st. C a při použití přístroje kolem

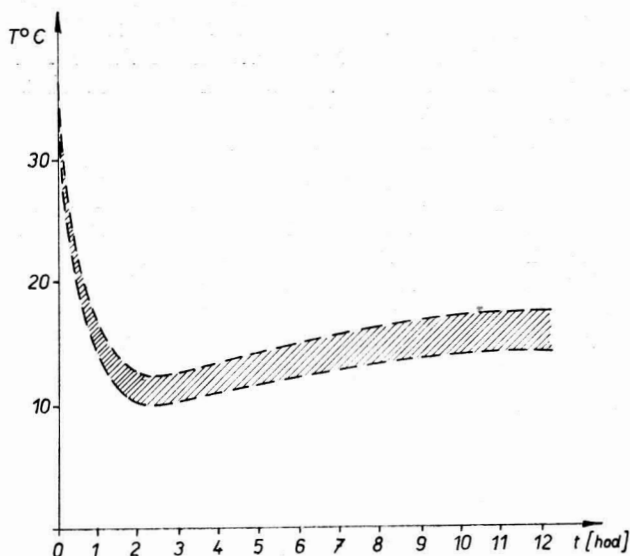
Obr. 6



8 st. C. Srovnávací měření byla provedena na stejných pacientech s průměrnou tělesnou teplotou kožní 37 st. C. Uvedené hodnoty vyplývají z malého statistického souboru výsledků měření a bude je nutno dále ověřit. Předpokládáme, že těchto výsledků měření použijeme pro nastavení pracovního režimu automatické regulace intenzity chlazení.

Při dlouhodobém chlazení chladicím přístrojem byla pozorována funkční závislost teploty povrchu těla na čase. Její přibližný průběh je uveden na obrázku 7. Křivky vymezují toleranci teplot pacientů námi ošetřovaných.

Obr. 7



Váha vlastního agregátu nepřevyšuje váhu pryžového vaku naplněného ledem a nemocný nemá pocit zvýšeného tlaku způsobeného vahou přístroje. Subjektivní vjem nižší teploty v místě aplikace na kůži byl nemocnými hodnocen kladně.

Objektivně kromě lehké přechodné hyperémie nedošlo u žádného z pacientů k patologické pozdní místní odpovědi na sníženou teplotu i po více než 24hod. nepřetržité aplikaci.

Nevýhodou přístroje je nutnost spojení vlastního chladicího agregátu se zdrojem stejnosměrného napětí a spojení přístroje gumovou hadicí se zdrojem vody pro výměník tepla chladicího přístroje. U další alternativy hodláme použít uzavřený chladicí okruh, který se bude skládat ze zásobníku vody a přečerpávacího zařízení. Další, relativní nevýhodou při použití popsaného typu přístroje je nutnost zaškolení obsluhujícího personálu s přístrojem.

Výhodou prototypu termoelektrické jednotky pro lokální chlazení jsou tyto skutečnosti:

1. Stabilitnost předem stanovené teploty, která je neomezená v čase a je regulovatelná podle okamžité potřeby.
2. Po nastavení optimální hodnoty lokálního ochlazení nevyžaduje přístroj další kontroly. Obsluha je snadná a nenáročná.

3. Možnost okamžitého nasazení přístroje v jakýchkoli podmínkách, závislá pouze na zdroji elektrické energie (síťové napětí nebo automobilový akumulátor), za předpokladu chlazení uzavřeným chladicím okruhem.
4. Ekonomičnost provozu po stránce energetické ve srovnání s dosud používanými zdroji pro výrobu ledu; zařízení je přímo chladicí, odpadá zde ztrátový mezičlánek změny skupenství vody.
5. Ekonomičnost vlastní manipulace s přístrojem; časové vytížení zaškoleného ošetřujícího personálu je minimální.
6. Přístroj pracuje v jakékoli poloze, je zde možnost tvarování vlastní funkční plochy na určité části těla (plošný terč, čepice, objímka).
7. Vzhledem k závislosti na zdroji stejnosměrného elektrického proudu lze přístroj použít (při uzavřeném chladicím okruhu) přímo v transportních prostředcích pro zraněné jak v přímé aplikaci na nemocném, tak jako zdroj chlazení pevných látek a tekutin (krevní konzervy, léky).

Výrobní náklady samotného chladicího zařízení při výrobě většího množství kusů by se pohybovaly v rozmezí 450–500 Kčs při dosavadních cenách chladicích baterií, které stojí přibližně 200–250 Kčs. Pomocná zařízení (zdroje elektrické energie u standardní teploty), která by se dala vyrábět pro obsluhu většího množství chladicích přístrojů (5–10 ks), by si vyžádala výrobní náklady v rozmezí 2500–3000 Kčs. Hodnota spotřeby elektrické energie je 0,10 Kčs za jednu hodinu provozu. Při zapojení přístroje na automobilovou baterii 12 V o kapacitě 100 Ah vydrží agregát v chodu bez výměny baterie dvanáct hodin.

Souhrn

Byl popsán prototyp termoelektrické chladicí jednotky — chladicího přístroje pro místní ochlazení. Poukázáno na možnost využití přístroje u některých akutních chirurgických onemocnění.

Po srovnání účinnosti a ekonomičnosti provozu mezi prototypem termoelektrického chladicího přístroje a dosud používaným pryžovým vakem s náplní ledu byl po rozboru vysloven závěr, že použitelnost navrhovaného prototypu je neefektivnější pro případy dlouhodobé aplikace chladu nebo zapojení chladicích agregátů u více nemocných současně.

Poukázáno dále na snadnost a nenáročnost obsluhy přístroje zaškoleným ošetřujícím personálem, bezpečnost zařízení, stabilitnost hodnot předem naprogramované teploty a poukázáno na možnost použití přístroje přímo v transportních prostředcích pro zraněné a pro chlazení krevních konzerv.

Literatura

1. Friš-Timoreva: Kurs fyziky — II. díl, str. 149. Nakladatelství ČSAV, Praha 1953, český překlad.