



Silné a slabé stránky různých systémů pro dálkový monitoring tepelné zátěže pracovníků v OOP

Michal Mašín^a, Kamila Lunerová^a, Jaromír Sobotka^b, Pavel Častulík^b

^aStátní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.i., Kamenná 71, Milín 262 31

^bDekonta CBRN,s.r.o., Vídeňská 134/102, 619 00 Brno



Jedním z kritických faktorů při práci v osobních ochranných prostředcích (OOP) je schopnost těla zbavovat se tepla vznikajícího při svalové práci a metabolické aktivitě. Neventilované a málo prodyšné ochranné oděvy tvoří účinnou bariéru mezi tělem pracovníka a vnějším prostředím, a tím omezují proces ochlazování těla pocením; vnitřní prostor oděvu se brzy nasatí vodními parami, což znemožňuje odpařování potu a ochlazování těla. Díky tomu se osoby pracující v OOP mohou rychle přehřát. Z preventivních důvodů je proto vhodné teplotu tělesného jádra pracovníků v ochranných oděvech monitorovat. Dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. se za přípustnou hranici vzestupu teploty tělesného jádra při krátkodobé zátěži považuje 0,8 °C.

Příspěvek popisuje a srovnává výhody a slabiny tří rozdílných metod vzdáleného monitorování teploty tělesného jádra na základě praktických zkušeností získaných při testech tepelné zátěže se zapojením dobrovolníků.

Měření nitrotělní teploty

Ačkoli se jedná o důležitý parametr, není dostupná metoda měření, která by jednoznačně odpovídala všem potřebám pro práci v terénu. Způsoby měření nitrotělní teploty uvádí ČSN EN ISO 9886 Ergonomie - Hodnocení tepelné zátěže podle fyziologických měření. Tato norma uvádí 7 možných způsobů měření, např. teplota v jícnu, rektální teplota, nitrobřišní teplota, orální teplota. Z hlediska jednoduchosti, přesnosti a spolehlivosti je v lékařském prostředí nejvíce využívána teplota rektální, jedná se však o invazivní metodu spojenou s jistým diskomfortem sledované osoby. Nitrotělní teplota měřena různými způsoby na různých místech těla se nemusí přesně shodovat.

Rizika a projevy kolapsu z přehřátí

Tepelná traumata související s přehřátím organismu jsou obecně podceňována. Přitom například u sportovců je v současnosti tepelných traumat z přehřátí organismu dle odborníků dvakrát více než v minulých letech a jedná se o třetí nejčastější příčinu úmrtí v průběhu zátěže a nejčastější příčinu smrti u mladých atletů. Kolapsy z tepla přicházejí obvykle neočekávaně a nejsou-li správně řešeny, mohou vyústit v nezvratnou tragédii.

Přehřátí často začíná celkovou slabostí, bolestmi hlavy, nauzeou, zvracením nebo svalovými křečemi. V pozdějším stadiu se rozvíjí zmatenost, iracionální chování a člověk není schopen udržet se na nohou a může i vrávorat. Mohou se objevit celkové křeče až bezvědomí. U kolapsu z přehřátí je nejdůležitější okamžitě začít postiženého chladit (změna prostředí, chladná sprcha/lázeň).

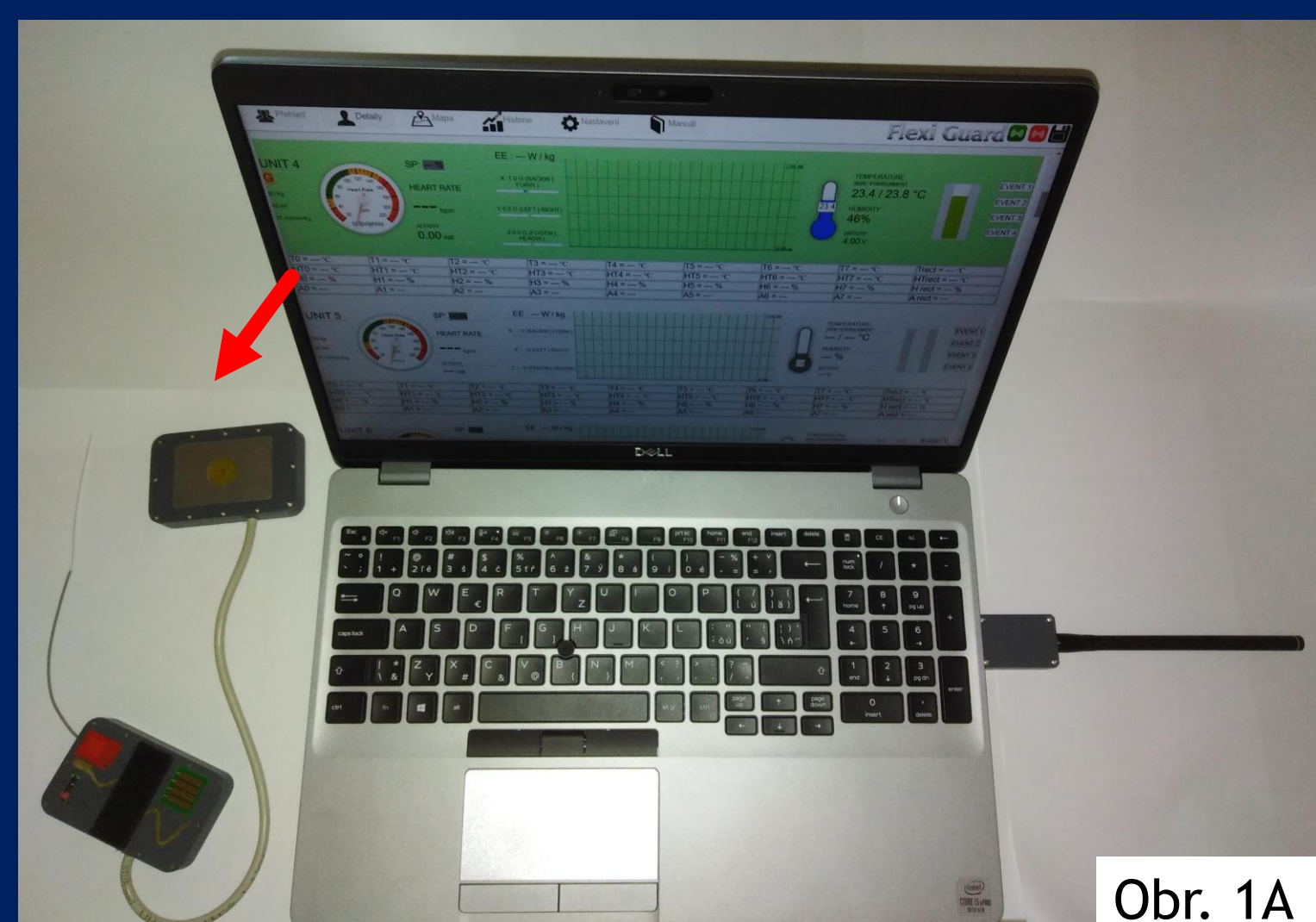
Největším problémem při nastávajícím kolapsu z přehřátí je neschopnost včas rozpoznat příznaky blížícího se kolapsu, a proto je důležité mít povědomí o teplotě jádra těla exponované osoby.

Porovnání tří systémů pro dálkový monitoring nitrotělní teploty

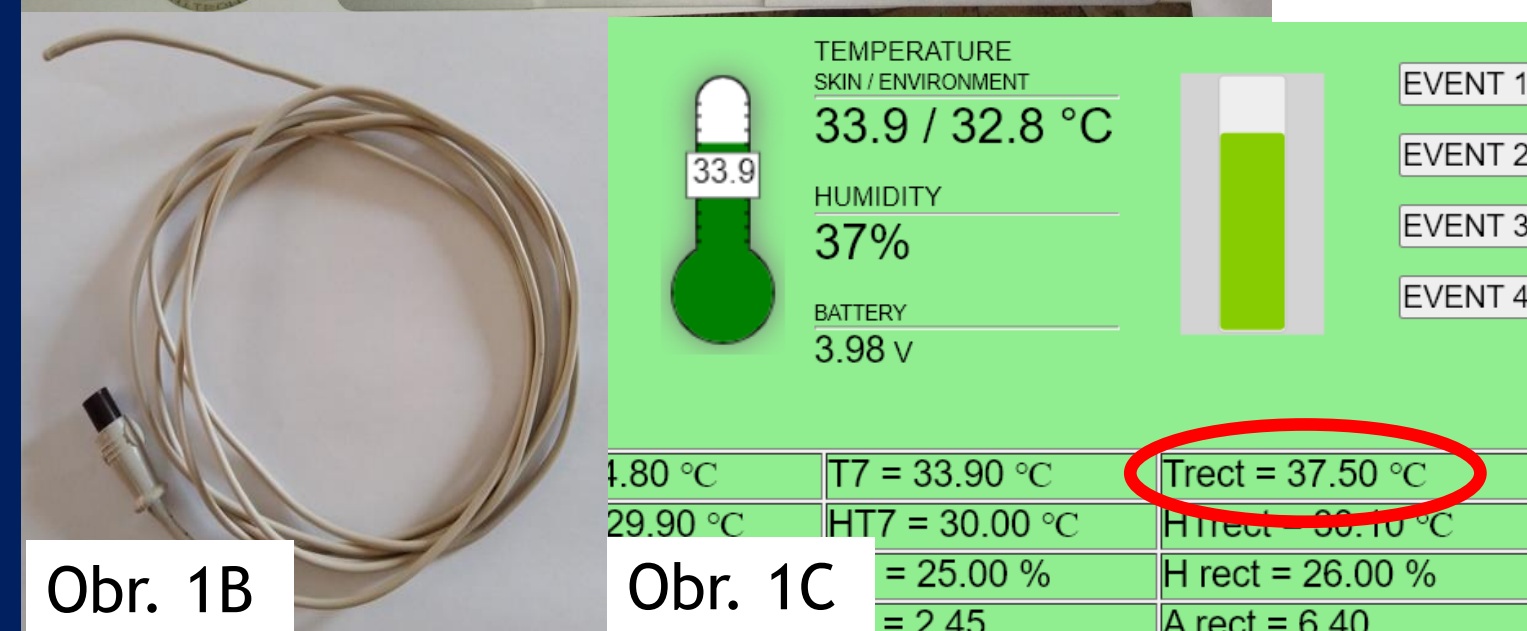
System FlexiGuard

+ kabelová rektální sonda

Základní metodou pro měření nitrotělní teploty je měření rektální teploty pomocí kabelové sondy, připojené buď k přenosnému systému FlexiGuard, případně k pevné instalaci systému Viridia.

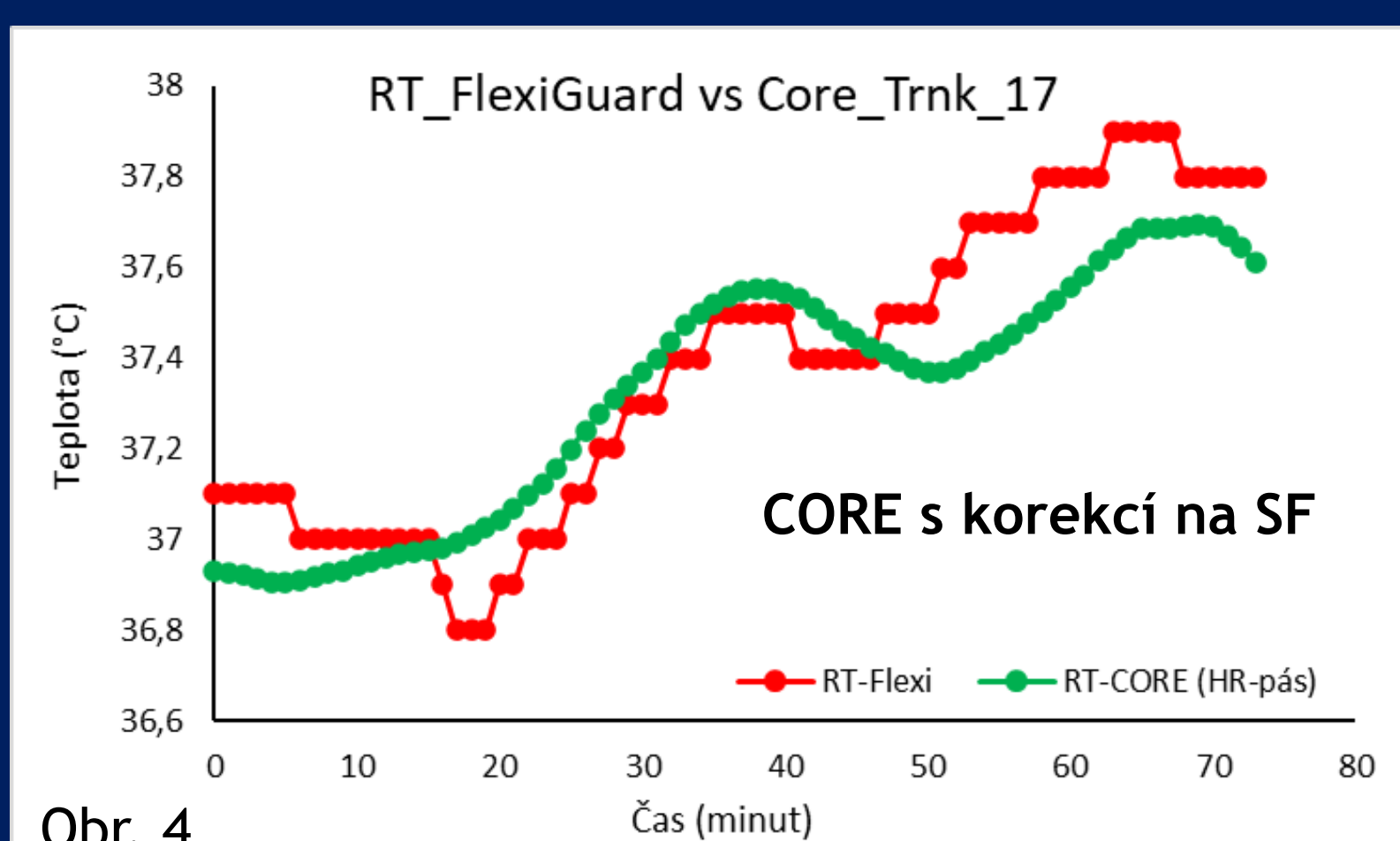


Obr. 1A

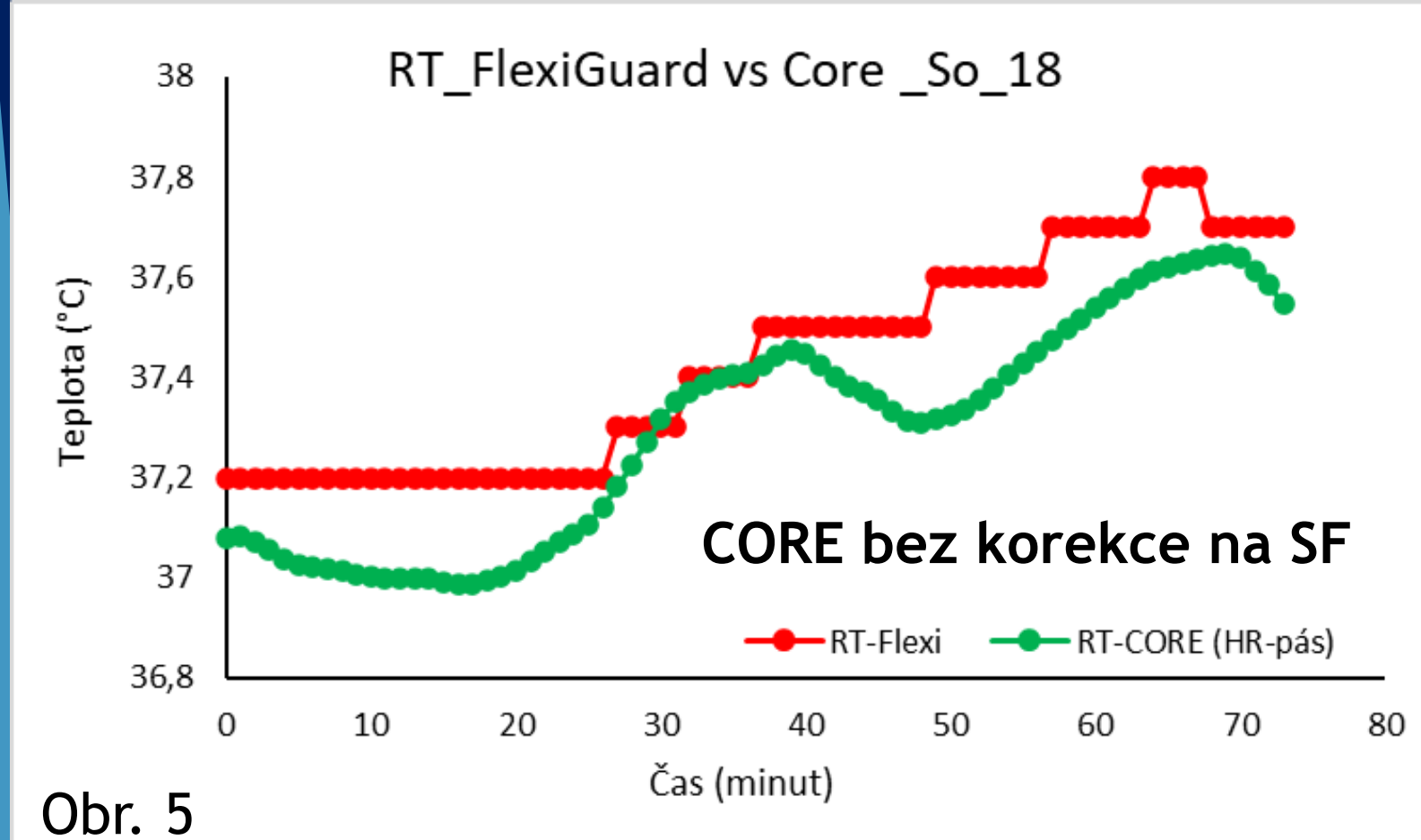


Obr. 1A: Kontrolní panel aplikace systému FlexiGuard + hlavní měřicí/vysílací/přijímací jednotkou (viz červená šipka, spojení pomocí wifi). Obr. 1B: Kabelová rektální sonda. Obr. 1C: Aktuální hodnota rektální teploty.

Kabelová rektální sonda vs. systém Core



Obr. 4



Obr. 5

Obr. 4 a obr. 5: Srovnání měření nitrotělních teplot naměřených rektální sondou připojenou na systém FlexiGuard a zároveň systémem Core (2 různé testy, 2 probandi, t = 35 °C).

System CORE + heat flux senzor

Systém CORE k určení nitrotělní teploty využívá senzoru měření teploty kůže a srdeční frekvence a následného přepočtu tepelného toku pokožkou.



Obr. 2B

Obr. 2C

Obr. 2A: Umístění senzorů CORE (2B) + jednotky FlexiGuard na těle sledované osoby na hrudním pásu. Obr. 2C: Zobrazení dat v reálném čase na tabletu nebo chytrém telefonu.

Zkušenosti s použitím systémů Core a myTemp

Měření nitrotělní teploty pomocí rektální kabelové sondy je zavedená metoda, která poskytuje přesné a spolehlivé výsledky, ale vykazuje jistý diskomfort a vyžaduje proškolený personál, je tedy vhodná spíše pro medicínská nebo laboratorní zařízení. Použití pro terénní měření v praxi je značně problematické. Z tohoto důvodu je v posledních letech kladen důraz na vývoj jednoduchého teplotního senzoru pro měření nitrotělní teploty.

Využití systému CORE

Systém CORE může monitorovat nitrotělní teplotu ve dvou základních konfiguracích - s korekcí na základě měření srdeční frekvence (SF) nebo bez ní. Bylo zjištěno, že konfigurace bez korekce na SF (obr. 5) neposkytuje dostatečně spolehlivou informaci o nitrotělní teplotě - rozdíly od teplot naměřených kabelovou rektální sondou přesahovaly 0,5 °C, zatímco konfigurace s korekcí na SF (obr. 4) vykazuje oproti rektální sondě odchylku méně než 0,2 °C. Na obr. 5 je zřetelný výrazný pokles hodnoty teploty RT-CORE mezi 40. - 50. minutou testu způsobený nedokonalým přepočtem z naměřených hodnot SF. Na úpravě algoritmu se pracuje.

Využití systému myTemp

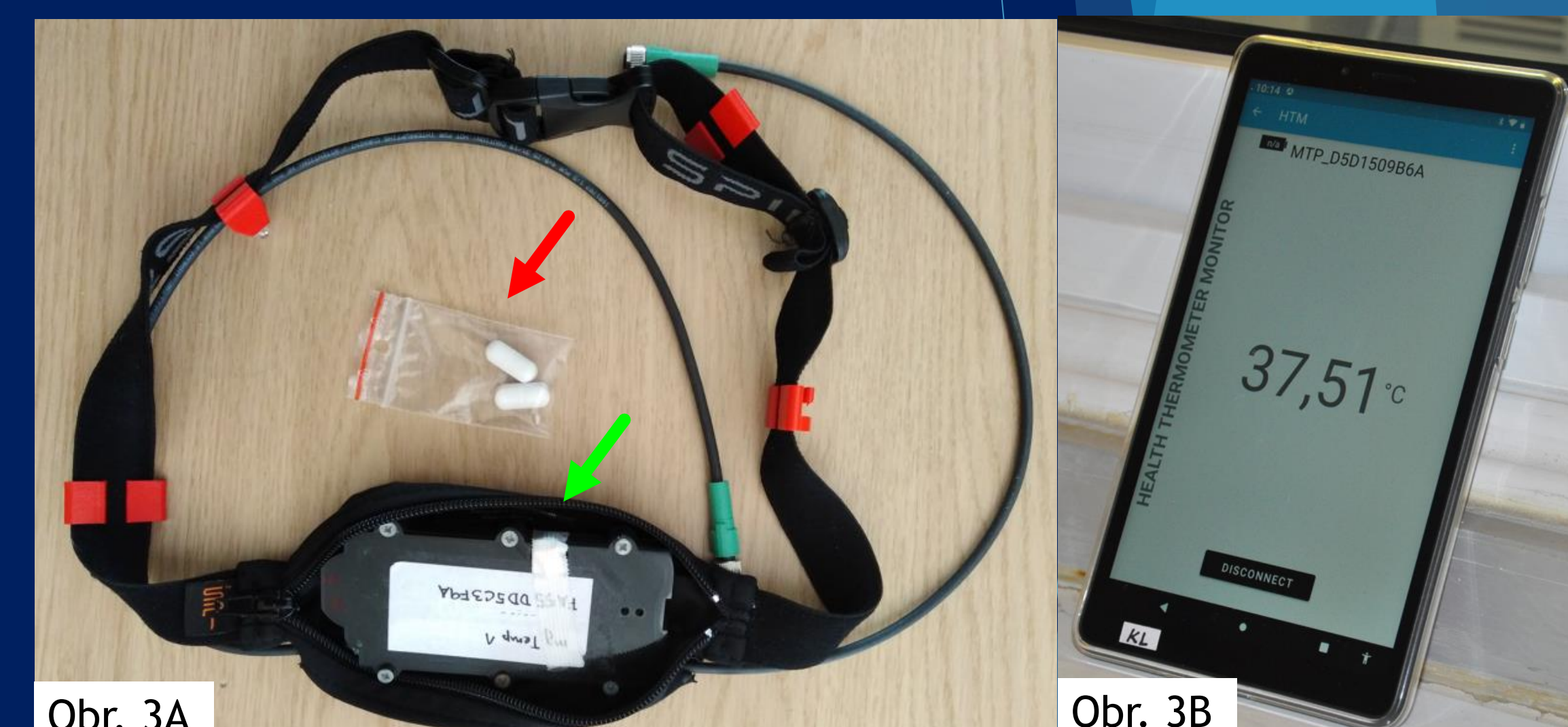
Použití systému myTemp je velmi jednoduché - spolknutím pilule. Na obr. 6 a 7 je zřetelné, že senzor vyžaduje přibližně 30 min na srovnání hodnot odpovídajících rektální teplotě, po cca 30 minutách rozdíl nepřesahoval 0,2 °C. Rozdíl teplot může být dán i rozdílem v teplotě v žaludku a v tenkém střevě, neboť pilule cca 30 min po spolknutí opouští žaludek a vstupuje do tenkého střeva, kde je teplota vyšší a více koresponduje s rektální teplotou. Teplota v žaludku je ovlivňována i konzumovanou stravou nebo nápoji, což může informaci o měřené nitrotělní teplotě výrazně zkreslovat. Z tohoto důvodu je vhodné, aby monitorovaná osoba spolkla teplotní senzor s cca 30 minutovým předstihem před výkonem zátěže. Jednoduchost obsluhy, rychlost aplikace, rychlost odezvy činí ze systému myTemp efektivní prostředek pro sledování okamžité nitrotělní teploty.

Závěr

Z hlediska praktického využití pro měření nitrotělní teploty v terénu přinášejí oba systémy CORE i myTemp výrazný posun kupředu, přesto z hlediska praktičnosti, jednoduchosti obsluhy i spolehlivosti měření se systém myTemp jeví pro použití v terénu jako lépe použitelný oproti systému CORE.

System myTemp + polykací senzor

Systém myTemp využívá teplotní senzor ve formě polykací pilule komunikující se snímací jednotkou na pásku kolem pasu. Senzor se aktivuje uvnitř těla, když se dostane do magnetického pole indukovaného snímací jednotkou. Data lze sledovat v reálném čase na chytrém telefonu i na počítači.

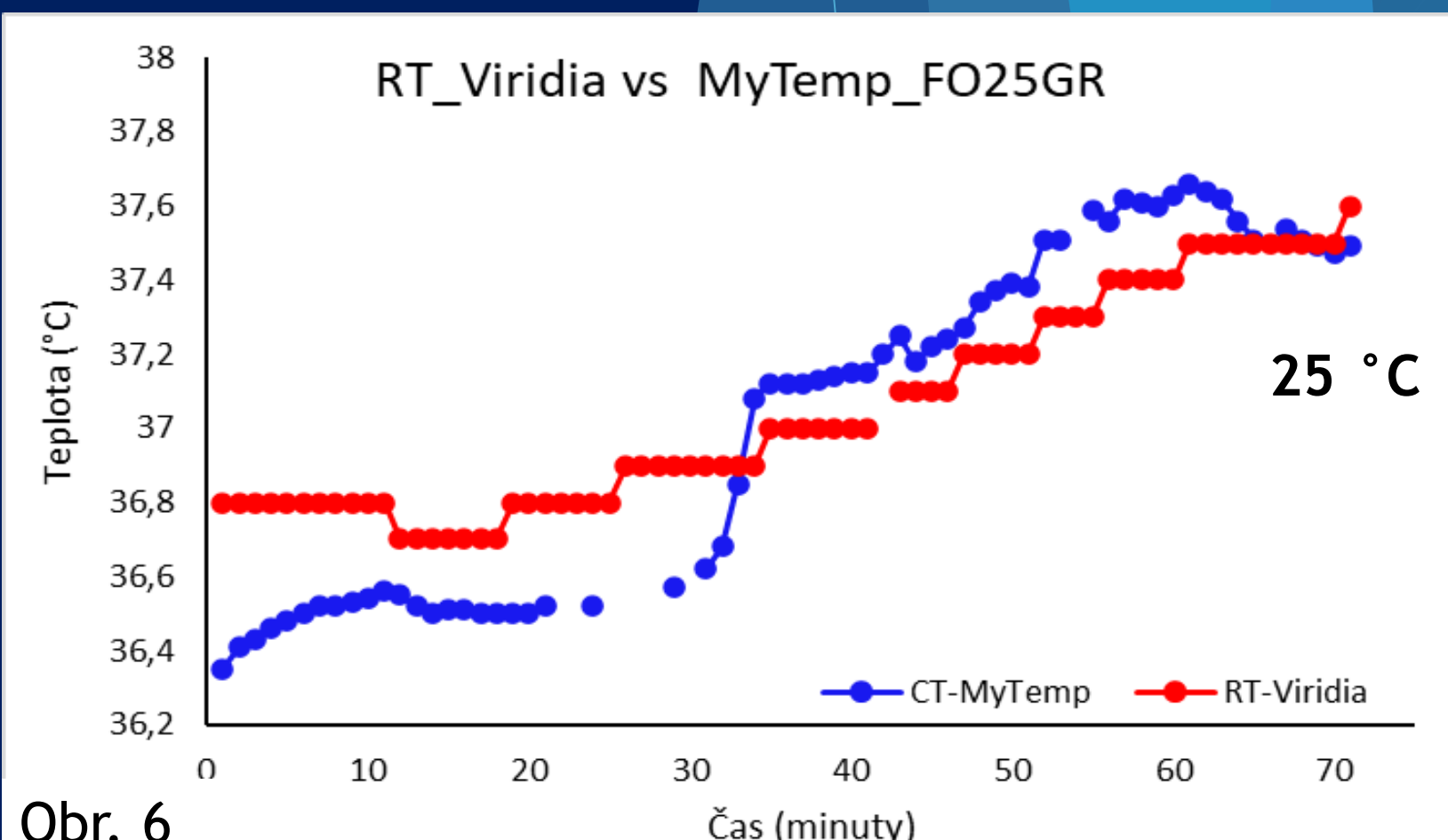


Obr. 3A

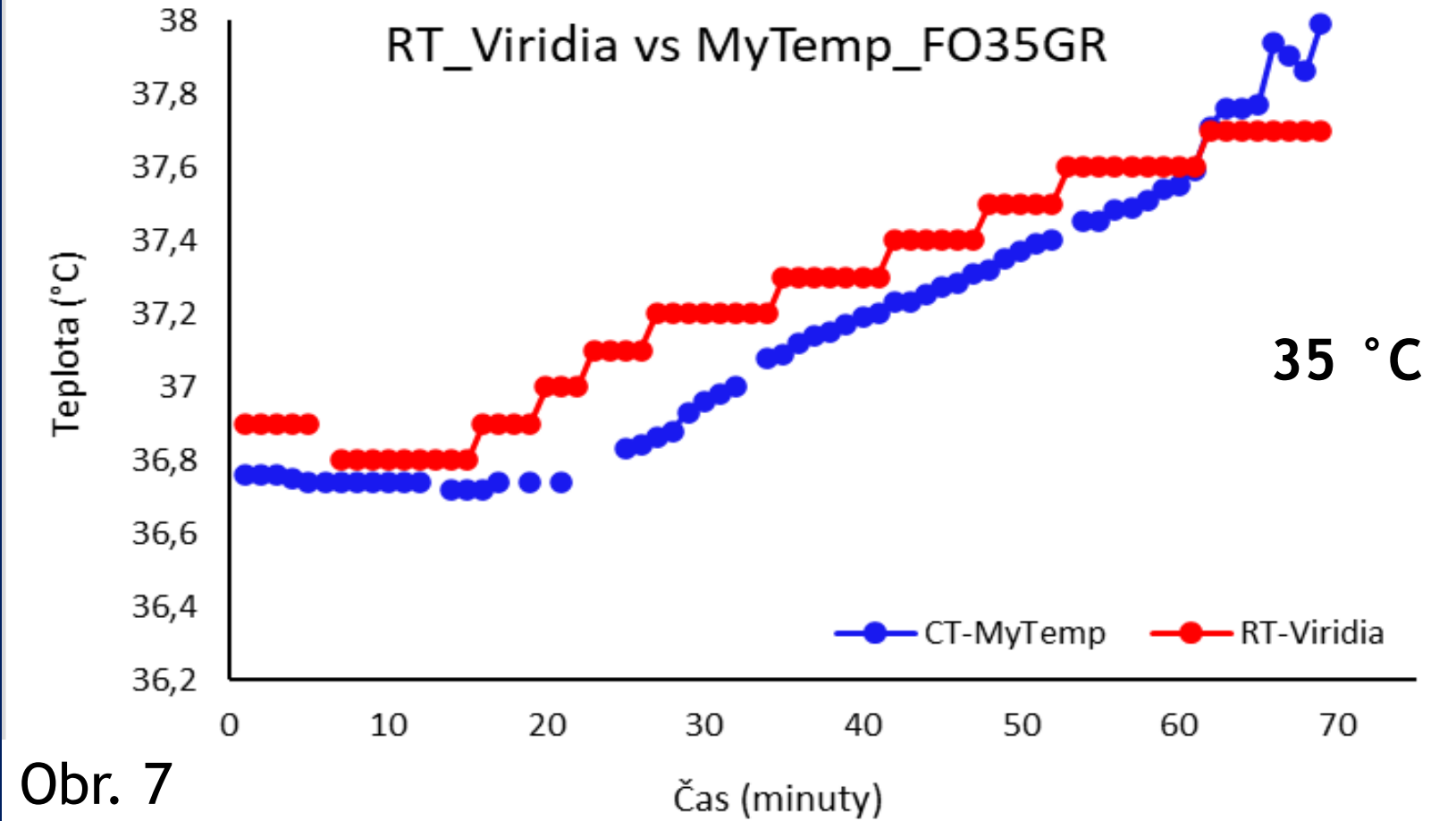
Obr. 3B

Obr. 3A: Snímací/napájecí/vysílací jednotka systému myTemp (zelená šipka) + polykací pilule (červená šipka) napájená formou magnetické indukce. Obr. 3B: Zobrazení dat v reálném čase na tabletu nebo chytrém telefonu.

Kabelová rektální sonda vs. systém myTemp



Obr. 6



Obr. 7

Obr. 6 a obr. 7: Srovnání měření nitrotělních teplot naměřených rektální sondou připojenou na systém Viridia a zároveň systémem myTemp (2 různé testy, 1 proband, t = 25 °C a 35 °C, prodyšný ochranný oděv).

Prezentované výsledky byly podpořeny grantovým projektem TAČR-ISERD TMO1000017 Vývoj filtrační a ventilační ochlazovací jednotky pro ochranné oděvy (APVECU)