

OTUŽOVÁNÍ

a jeho vliv na dlouhověkost
a prevenci civilizačních onemocnění

Komplexní přehled evidence • Systematické přehledy, meta-analýzy & RCT

Verze 1.05 | 2026-05-18 | Deep Research

KLÍČOVÁ TÉMATA

Otužování

Cold therapy

Cold exposure

Cold water immersion

Ice bath

Studená sprcha

Komplexní přehled evidence o otužování a cold terapii, jejich formách, dávkování a jejich vlivu na dlouhověkost a riziko civilizačních onemocnění. Přehled vychází z 68 odborných zdrojů, včetně systematických přehledů, meta-analýz, RCT, fyziologických studií a bezpečnostních podkladů.

Obsah

1. Přehled a charakteristika intervence
2. Molekulární mechanismy účinku
3. Evidence podle zdravotní oblasti
4. Dávkování a forma užívání
5. Rizika, kontraindikace a lékové interakce
6. Limity současné evidence
7. Závěr a praktická doporučení
8. GRADE hodnocení
9. Použitá literatura

1. Přehled a charakteristika intervence

1.1 Definice a metodologické vymezení

„Otužování“ není jedna látka ani jednotná intervence. Jde o soubor fyzikálních expozičních chladu, které se liší médiem, teplotou, délkou, frekvencí, plochou těla, hloubkou ponoření, souběžným pohybem a mírou předchozí habituace.

Z metodologického hlediska proto nelze předpokládat společný „class effect“ mezi studenou sprchou, ponořením do studené vody, zimním plaváním, lokální kryoterapií a celotělovou kryoterapií v suchém vzduchu [[Bleakley et al., 2012](#); [Costello et al., 2015](#); [Cain et al., 2025](#); [Esperland et al., 2022](#)].

Klinická evidence je nejlépe rozpracovaná u krátkodobé sportovní regenerace po výkonu. Slabší a nepřímější je u dlouhodobosti, prevence kardiovaskulárních onemocnění, rakoviny, demence nebo diabetu 2. typu. V dostupných systematických přehledech a randomizovaných studiích nejsou přímé klinické důkazy, že dobrovolná expozice chladu snižuje celkovou mortalitu nebo incidenci hlavních civilizačních nemocí [[Bleakley et al., 2012](#); [Costello et al., 2015](#); [Cain et al., 2025](#); [Esperland et al., 2022](#)].

1.2 Hlavní modality expozice chladu

Následující rozmezí jsou orientační popisy výzkumných nebo běžně uváděných protokolů, nikoli doporučená dávka. Přenos výsledků mezi modalitami je omezený: voda vede teplo jinak než vzduch, ponoření má jiný kardiovaskulární dopad než sprcha a sportovní regenerační protokoly nelze automaticky převádět na prevenci nemocí.

Modalita	Médium a rozsah expozice	Orientační teplota	Orientační délka	Interpretační poznámka
Studená sprcha	Voda, obvykle závěr teplé sprchy	10-16 °C	30-180 s	Kratší a méně intenzivní expozice než ponoření; ve velké pragmatické RCT šlo o 30/60/90 s po dobu 30 dní [Buijze et al., 2016].
Cold water immersion (CWI)	Voda, často ponoření větší části těla	10-15 °C	5-15 min	Nejčastěji studováno po cvičení; protokoly se významně liší [Bleakley et al., 2012 ; Cain et al., 2025].
Ledová koupel	Voda s ledem, sportovní regenerace	5-10 °C	5-15 min	Relevantní hlavně pro krátkodobou bolest svalů a regeneraci po výkonu, ne pro dlouhodobou prevenci nemocí [Hohenauer et al., 2015 ; Xiao et al., 2023].
Zimní plavání	Otevřená voda, často se souběžným pohybem	0-5 °C	1-10 min	Evidence je převážně observační a konfundovaná pohybem, prostředím a sociálním faktorem [Huttunen et al., 2004 ; Esperland et al., 2022].
Celotělová kryoterapie (WBC)	Suchý chladný plyn nebo vzduch, komora	-110 až -160 °C	1-3 min	Rychlé povrchové ochlazení; nízká až velmi nízká jistota důkazů u bolesti a nálady [Costello et al., 2015 ; Rymaszewska et al., 2020].
Partial-bod y cryotherapy (PBC)	Suchý chladný plyn, hlava mimo expozici	-110 až -160 °C	2-4 min	Nelze automaticky ztotožnit s WBC ani s ponořením do vody.

Modalita	Médium a rozsah expozice	Orientační teplota	Orientační délka	Interpretační poznámka
Lokální kryoterapie	Led, gel, lokální studený vzduch	0-5 °C	10-20 min	Lokální vazokonstrikce a analgezie; u revmatologických symptomů jde spíše o krátkodobý symptomatický efekt [Hirvonen et al., 2006].
Kontrastní vodní terapie	Střídání teplé a studené vody	38-40 °C / 8-15 °C	cykly 1-4 min	Sportovní regenerační evidence existuje, ale nelze ji převádět na dlouhodobost nebo prevenci civilizačních nemocí [Higgins et al., 2017].

1.3 Chemická struktura a „bioaktivní složky“

Chemická struktura, farmaceutická forma ani biodostupnost nejsou u otužování aplikovatelné. „Dávka“ je fyzikální: teplota, délka expozice, médium, plocha těla, hloubka ponoření, frekvence a předchozí habituace.

Za „bioaktivní složky“ lze nanejvýš považovat endogenní fyziologické odpovědi na chlad, nikoli molekulární účinnou látku. Patří sem zejména sympatická aktivace, vazokonstrikce, změny dýchání, srdeční frekvence a krevního tlaku, třesová termogeneze a při opakované expozici i autonomní a metabolická adaptace [[Datta et al., 2006](#); [Castellani et al., 2016](#); [Tipton et al., 2017](#)].

Mediátor nebo systém	Hlavní role	Časový horizont
Noradrenalin	Sympatická aktivace, termogeneze, bdělost a analgezie	Akutně, sekundy až minuty
Adrenalin	Stresová odpověď a glykogenolýza	Akutně
Kortizol	Aktivace HPA osy	Později, přibližně 15-60 min; efekt je nejednoznačný
Beta-endorfin a dopamin	Analgezie, afekt a motivace	Akutně, minuty
T3/T4, adiponektin, FGF21 a UCP1	Metabolické přesměrování a netřesová termogeneze	Adaptace v řádu týdnů

Údaj o přibližně 530 % vzestupu noradrenalinu a 250 % vzestupu dopaminu po 1 hodině ve vodě o 14 °C pochází z jediné starší studie [[Srámek et al., 2000](#)]. Tento náleží nelze zobecňovat na krátkou studenou sprchu, běžné wellness protokoly ani na klinicky prokázanou prevenci nemocí.

1.4 Časový průběh fyziologické odpovědi

Farmakokinetika ve smyslu absorpce, distribuce, metabolismu a eliminace není použitelná. Relevantní je časový profil reakce organismu na chlad:

- 0-15 s: cold shock response, tedy tachypnoe, vzestup krevního tlaku a srdeční frekvence.
- 30 s až 5 min: částečná stabilizace a výrazná sympatická odpověď.
- 5-20 min: postupné ochlazování tělesného jádra a nástup třesové termogeneze.
- Nad přibližně 30 min: rostoucí riziko hypotermie, závislé na teplotě, ponoření, habituaci a tělesné konstituci.

- Týdny 2-6: habituace cold shock response, popisované snížení přibližně o 50 % [[Tipton et al., 2017](#)].
- Týdny 4-10: možná aktivace hnědé tukové tkáně a mírný vzestup klidového energetického výdeje [[van der Lans et al., 2013](#)].

Akutní sympatickou nebo hormonální odpověď nelze zaměňovat za klinicky prokázaný dlouhodobý přínos. Mechanistická plausibilita je u otužování silnější než přímá evidence pro tvrdé klinické endpointy.

1.5 Příklady dávek ve výzkumných protokolech

Studie nebo syntéza	Modalita	Fyzikální „dávka“	Frekvence a délka intervence	Hlavní omezení interpretace
Buijze et al., 2016 (PMID 27631616)	Studená sprcha	30/60/90 s na konci teplé sprchy	Denně po 30 dní	Méně pracovní absence pro nemoc, ne méně dnů nemoci.
van der Lans et al., 2013	Mírná expozice chladu	15-16 °C, 2 h/den	6 dní týdně, 10 dní	Metabolická adaptace a BAT, nikoli důkaz prevence civilizačních nemocí.
Bleakley et al., 2012 ; Hohenauer et al., 2015 ; Xiao et al., 2023	CWI po cvičení	Nejčastěji 10-15 °C po 10-15 min	Různé sportovní protokoly	Spíše krátkodobá úleva od svalové bolesti; výkon a zánětlivé markery jsou nekonzistentní.
Costello et al., 2015 (PMID 26383887)	Celotělová kryoterapie	Přibližně -110 °C, 1-3 min	1-3 expozice nebo krátké série	Nízká až velmi nízká jistota důkazů a omezený bezpečnostní monitoring.
Higgins et al., 2017 (PMID 27398915)	Kontrastní vodní terapie	Střídání teplé a studené vody	Cykly v řádu minut	Výsledky se týkají sportovní regenerace, ne obecné prevence nemocí.

2. Molekulární mechanismy účinku

Antioxidační mechanismy

U otužování nejsou antioxidační mechanismy doloženy tak, aby podporovaly tvrzení o prevenci rakoviny, demence nebo kardiovaskulární mortality. Buněčný chladový stres a následné ohřívání mohou aktivovat stresové proteiny, translaci závislou na chladových RNA vazebných proteinech a změny proteostázy; extrapolace z buněčných modelů na dlouhověkost u lidí by byla neobhajitelná [[Roobol et al., 2009](#)]. Přímá klinická evidence pro dráhu Nrf2/Keap1 u běžného otužování je nedostatečná. Některé studie celotělové kryoterapie sledují oxidační a antioxidační markery, ale v depresivní RCT nebyly prokázány statisticky významné změny vybraných zánětlivých a antioxidačních biomarkerů [[Rymaszewska et al., 2020](#)].

Protizánětlivé mechanismy

Souhrnně akutní ponoření do studené vody nevypadá jako spolehlivě protizánětlivý zásah; krátkodobě může markery i zvýšit.

V systematickém přehledu zdravých dospělých zvýšilo ponoření do studené vody zánětlivé markery bezprostředně po expozici, SMD 1,03 (95 % CI 0,37-1,68; $p < 0,01$) [[Cain et al., 2025](#)]. Po 1 hodině přetrvával stejný směr, SMD 1,26 (95 % CI 0,59-1,94; $p <$

0,01) [[Cain et al., 2025](#)].

Ve sportovní meta-analýze Hohenauer et al. nebyl interleukin 6 po 24 hodinách statisticky významně změněn, $g = -0,33$ (95 % CI $-0,76$ až $0,09$), $Q = 2,5$, $p = 0,473$, $I^2 = 0$ % [[Hohenauer et al., 2015](#)].

Wim Hofova metoda kombinuje dechová cvičení, meditaci a chlad. V experimentu s endotoxinem u 24 zdravých mužů vedl kombinovaný trénink k vyššímu adrenalinu, vyššímu interleukinu 10 a nižšímu tumor nekrotizujícímu faktoru alfa, interleukinu 6 a interleukinu 8; to nelze interpretovat jako izolovaný efekt chladu [[Kox et al., 2014](#)]. Systematický přehled Wim Hofovy metody proto správně uzavírá, že komponenty protokolu nelze oddělit a jistota evidence je omezená [[Almahayni et al., 2024](#)].

Novější intervenční práce navíc WHM narrativ spíše brzdí než posilují. Patnáctidenní randomizovaná studie Ketelhut et al. nenašla přesvědčivý efekt na autonomní, tlakové ani širší psychologické parametry [[Ketelhut et al., 2023](#)]. Randomizovaná studie u žen s vyšší depresivní symptomatikou neukázala jasnou převahu WHM nad aktivní kontrolou pro depresi, úzkost ani stres; příznivější byl jen dílčí výsledek u ruminace po akutním stresu [[Blades et al., 2024](#)].

Velká semi-randomizovaná studie breathwork + cold immersion popsala hlavně state-level zlepšení energie, mentální jasnosti a zvládnání stresu, ale jen omezené trait-level rozdíly [[Fox et al., 2025](#)]. Tyto práce jsou důležité hlavně jako scope-limiting evidence: potvrzují, že u kombinovaných protokolů se mísí efekt chladu, hyperventilace, očekávání a kontextu.

Kardiovaskulární mechanismy

Akutní ponoření do studené vody vyvolává chladový šok: prudké nadechnutí, hyperventilaci, sympatickou aktivaci, periferní vazokonstrikci, zvýšení krevního tlaku a změny srdeční frekvence [[Datta et al., 2006](#); [Tipton et al., 2017](#)]. Současná aktivace sympatiku chladovým šokem a parasympatiku potápěčím reflexem může vytvořit „autonomní konflikt“, který je biologicky plausibilním mechanismem arytmií při ponoření do studené vody [[Shattock et al., 2012](#)].

Meta-analýza akutních kardiovaskulárních odpovědí u zdravých osob zahrnula 27 článků, z toho 24 v meta-analýze. Autoři uvádějí zvýšení ukazatelů parasympatické aktivity a zároveň zvýšení středního krevního tlaku, SMD $0,28$, $p < 0,001$; v abstraktu nejsou uvedeny 95 % CI ani I^2 , proto tento zdroj nelze hodnotit jako vysoce jistý pro klinické závěry [[Jididi et al., 2024](#)]. Lokální průtok krve je po ponoření do studené vody významně omezen vazokonstrikcí, což podporuje analgezií a snížení tepelného toku, ale není to důkaz dlouhodobé cévní ochrany [[Gregson et al., 2011](#)].

Metabolické mechanismy

Nejsilnější biologická plausibilita se týká hnědé tukové tkáně. PET-CT studie ukázaly, že u dospělých lidí existuje chladově aktivovatelná hnědá tuková tkáň a že její aktivita souvisí s adipositou, věkem, pohlavím a venkovní teplotou [[van Marken Lichtenbelt et al., 2009](#); [Cypess et al., 2009](#); [Virtanen et al., 2009](#); [Saito et al., 2009](#)]. Mechanisticky jde především o

adrenergní signalizaci přes beta-adrenergní receptory, cAMP/PKA, aktivaci lipolýzy, mitochondriální UCP₁ a netřesovou termogenezi [[Ouellet et al., 2012](#); [Orava et al., 2011](#)].

Krátká aklimatizace na mírný chlad může zvýšit aktivitu hnědé tukové tkáně a netřesovou termogenezi [[van der Lans et al., 2013](#)]. Šestitýdenní každodenní mírný chlad u osob s nízkou aktivitou hnědé tukové tkáně zvýšil její aktivitu a snížil tukovou hmotu, ale šlo o malou mechanistickou studii, nikoli o studii prevence obezity nebo diabetu [[Yoneshiro et al., 2013](#)]. U pacientů s diabetem 2. typu krátkodobá chladová aklimatizace zlepšila inzulínovou senzitivitu, ale N bylo pouze 8 a sledování bylo krátké [[Hanssen et al., 2015](#)]. Observační PET-CT analýza 52 487 pacientů ukázala asociaci přítomné hnědé tukové tkáně s lepším kardiometabolickým profilem, ale nejde o důkaz, že otužování snižuje riziko diabetu nebo kardiovaskulárních událostí [[Becher et al., 2021](#)].

Neuroprotektivní mechanismy

U lidí chybí přímý důkaz, že otužování brání Alzheimerově chorobě nebo demenci. Experimentální práce ukazuje, že chladový protein RBM3 může u zvířecích modelů podporovat synaptickou plasticitu a neuroprotekcí, ale jde o preklinickou evidenci [[Peretti et al., 2015](#)]. Systematický přehled účinku chladu na kognici u zdravých dospělých naopak zjistil, že v 15 z 18 experimentálních nastavení byla kognitivní výkonnost během chladu zhoršena ještě před rozvojem hypotermie [[Falla et al., 2021](#)]. Mechanistická neuroprotektce proto není klinickým důkazem prevence demence.

3. Evidence podle zdravotní oblasti

3.1 Kardiovaskulární onemocnění, celková mortalita a dlouhověkost

Přímé intervenční důkazy, že otužování snižuje celkovou mortalitu, infarkt myokardu, cévní mozkovou příhodu, srdeční selhání nebo kardiovaskulární mortalitu, nebyly identifikovány. Dosavadní evidence u dobrovolných zimních plavců je převážně observační a zatížená výběrem zdravějších a fyzicky aktivnějších osob.

Kralova Lesna et al. porovnávali 10 chladově adaptovaných zimních plavců a 16 kontrol. U plavců popsali nižší ApoB/ApoA1 a homocystein, šlo však o malou observační studii bez klinických událostí; z těchto dat proto nelze odvodit snížení kardiovaskulárního rizika [[Kralova Lesna et al., 2015](#)]. Studie Eglin et al. u 27 osob nenašla fyziologicky významné rozdíly v endoteliální funkci rukou nebo nohou podle předchozí rekreační expozice chladu [[Eglin et al., 2021](#)].

Novější kontrolovaná surrogate studie Tóth et al. sledovala 5 měsíců standardizovaného cold-water immersion 3x týdně po 7–10 minutách u zdravých dobrovolníků a popsala pokles cIMT, některých ukazatelů arteriální tuhosti, LDL, TG, hsCRP, PCSK9 a přibližně 11 % pokles hepatorenálního indexu jako markeru jaterního tuku [[Tóth et al., 2024](#)]. Šlo ale o malou nezaslepenou studii surrogate endpointů bez klinických událostí, takže neposouvá důkaz do roviny prevence infarktu, cévní mozkové příhody nebo mortality.

Podobně Teległów et al. sledovali 10 zimních plavců před a po sezóně versus 13 kontrol a popsali změny v deformabilitě erytrocytů a některých antioxidačních parametrech, nikoli prokázány klinický benefit [Teległów et al., 2024]. Tyto práce proto rozšiřují mapu malých biomarkerových studií, ale nemění konzervativní závěr o absenci tvrdých klinických endpointů.

Epidemiologická data o okolní teplotě ukazují spíše na rizika chladu než na obecně ochranný efekt. Multizemská observační analýza 74 225 200 úmrtí připsala neoptimální teplotě 7,71 % úmrtí, z toho chladu 7,29 % a horku 0,42 % [Gasparrini et al., 2015]. Studie MINAP v Anglii a Walesu zjistila krátkodobé zvýšení rizika infarktu myokardu při nižších teplotách okolí [Bhaskaran et al., 2010] a projekt PHEWE v 15 evropských městech rovněž ukázal zvýšení mortality v chladném počasí [Analitis et al., 2008].

Tato populační data nelze přímo převést na dobrovolné kontrolované otužování, protože zachycují jiný typ expozice chladu. Jsou však důležitým korektivem proti zjednodušenému tvrzení, že chlad je kardiovaskulárně obecně protektivní.

Typ evidence	Výsledek
Observační dobrovolné otužování	Malé, konfundované studie; žádné HR/RR pro infarkt, mrtvici ani mortalitu
Intervenční studie	Žádná RCT s kardiovaskulárními klinickými událostmi
Meta-analýzy	Akutní autonomní změny, nikoli prevence onemocnění [Jidi et al., 2024]
Dose-response	Neexistuje klinická dose-response analýza pro kardiovaskulární události
Negativní zjištění	Chladové počasí je spojeno se zvýšenou mortalitou a infarkty; nelze to přímo převést na kontrolované otužování, ale je to důležitý bezpečnostní signál

3.2 Diabetes 2. typu, metabolické zdraví a tělesná kompozice

Evidence pro metabolické zdraví je mechanisticky zajímavá, ale klinicky zatím slabá. Aktivace hnědé tukové tkáně sama o sobě neznamená prokázané hubnutí, prevenci diabetu 2. typu ani snížení mortality.

Krátkodobé studie mírného chladu ukazují zvýšení hnědé tukové tkáně, změny netřesové termogeneze a zlepšení inzulínové senzitivity. Tyto výsledky jsou však založené na malých vzorcích a převážně zástupných endpointech [Lee et al., 2014; Hanssen et al., 2015; Blondin et al., 2017].

Typ evidence	Výsledek
Observační studie	Přítomnost hnědé tukové tkáně byla v retrospektivní PET-CT kohortě asociována s příznivějším kardiometabolickým profilem, ale nejde o důkaz kauzality [Becher et al., 2021]
Intervenční studie	Dostupné jsou malé studie mírného chladu a novější surrogate studie opakovaného CWI nebo zimního plavání bez klinických endpointů [van der Lans et al., 2013; Yoneshiro et al., 2013; Hanssen et al., 2015; Tóth et al., 2024; Teległów et al., 2024]
Meta-analýzy	Nebyla identifikována meta-analýza RCT s incidencí diabetu 2. typu, změnou glykémie nebo klinickým diabetologickým endpointem
Dose-response	Laboratorní protokoly používají 17–19 °C po desítky minut až hodiny; bez klinické validace je nelze převést na ledovou koupel

Typ evidence	Výsledek
Negativní zjištění	Chybí důkaz klinicky významného hubnutí nebo prevence diabetu 2. typu

Praktická interpretace je proto konzervativní: mírný chlad může měnit některé metabolické a cévní surrogate ukazatele v experimentálních podmínkách, ale současná evidence nestačí k závěru, že jde o klinicky ověřenou intervenci pro hubnutí nebo prevenci diabetu 2. typu.

3.3 Mozek, kognice, nálada, stres a spánek

U kognice je evidence spíše varovná než preventivní. Systematický přehled Falla et al. zahrnul 18 studií a popisuje časté zhoršení kognitivního výkonu během chladu, zejména pozornosti, rychlosti zpracování, exekutivních funkcí a paměti [Falla et al., 2021]. Preklinická RBM3 hypotéza je biologicky zajímavá, ale u lidí nedokládá prevenci Alzheimerovy choroby [Peretti et al., 2015].

U nálady a stresu jsou výsledky smíšené. Meta-analýza Cain et al. ukázala významné snížení stresu 12 hodin po ponoření do studené vody, SMD $-1,00$ (95 % CI $-1,40$ až $-0,61$; $p < 0,01$), ale bez signifikantního efektu bezprostředně, po 1 hodině, po 24 hodinách ani po 48 hodinách [Cain et al., 2025]. Malý akutní experiment u 33 zdravých dospělých naopak po 5 minutách ponoření hlavou ven do vody o $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ popsál zvýšení pozitivního a pokles negativního afektu [Yankouskaya et al., 2023]. Další akutní studie zaznamenala po CWI spíše smíšený obraz: bez jasného okamžitého mood benefitu, ale s nižším negativním afektem po 180 minutách [Reed et al., 2023]. Prakticky to odpovídá spíše krátkému a nekonzistentnímu afektivnímu signálu než stabilní léčbě úzkosti nebo deprese.

Celotělová kryoterapie u deprese má předběžně příznivý, ale nejistý signál. Rymaszewska et al. randomizovali 92 pacientů s depresivní epizodou k 10 sezením celotělové kryoterapie -110 až $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo sham $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$; studii dokončilo 56 osob [Rymaszewska et al., 2020]. U HAM-D 17 byla významná interakce čas \times skupina $p = 0,02$ a upravený rozdíl $-4,488$ bodu ve 2týdenním sledování. U BDI-II byl významný rozdíl po 1 týdnu $p = 0,01$ s upraveným rozdílem $-5,007$ bodu, ale efekt BDI-II nebyl udržen v dalších měřeních. Vzhledem k malému vzorku po drop-outu, adjuvantnímu designu a krátkému sledování je klinická relevance tohoto signálu jen předběžná, nikoli ustálená.

Systematický přehled WBC u duševního zdraví uvádí velké vnitroskupinové efekty, ale s velmi vysokou heterogenitou. Pro celkové duševní zdraví byl Hedges $g = 1,63$ (95 % CI $1,05$ – $2,21$), $I^2 = 93\%$, což vyžaduje snížení jistoty [Doets et al., 2021].

Novější studie kombinované Wim Hofovy metody tenhle obraz dále relativizují. Krátká RCT u zdravých osob nenašla přesvědčivé time \times group rozdíly v krevním tlaku, autonomních parametrech ani psychologických skórech [Ketelhut et al., 2023]. U žen s vyšší depresivní symptomatikou se obě skupiny zlepšily podobně a WHM nebyla jednoznačně lepší než aktivní kontrola pro depresi, úzkost ani stres [Blades et al., 2024]. Semi-randomizovaná studie breathwork + cold immersion ukázala hlavně akutní změny energie, mentální jasnosti a stres-copingu, nikoli robustní a izolovaný antidepressivní efekt samotného chladu [Fox et al., 2025].

U spánku Cain et al. uvádějí narativně zlepšení v některých studiích, ale většina dat je krátkodobá a heterogenní. Nejde tedy o důkaz léčby nespavosti [[Cain et al., 2025](#)].

3.4 Onkologie

Nebyla identifikována RCT, prospektivní kohorta ani meta-analýza, která by ukazovala, že otužování snižuje incidenci rakoviny, recidivu rakoviny nebo onkologickou mortalitu.

Observační PET-CT studie hnědé tukové tkáně často vycházejí z pacientů vyšetřovaných kvůli onkologickým indikacím. Jejich výsledkem je však kardiometabolická asociace, nikoli prevence rakoviny [[Becher et al., 2021](#)].

Tvrzení, že ledové koupele nebo kryoterapie „posilují imunitu proti rakovině“, proto není podloženo klinickými daty.

3.5 Imunita, infekce a zánět

Evidence pro vliv studené expozice na imunitu je zatím opatrná. Největší pragmatická RCT studených sprch ukazuje méně pracovních absencí pro nemoc, nikoli však méně samotných dnů nemoci.

Studie randomizovala 3 018 dospělých bez závažné komorbidity ke 30, 60 nebo 90 sekundám studené sprchy po teplé sprše po dobu 30 dní, s následným 60denním volitelným pokračováním. Pracovní absence pro nemoc byla nižší o 29 % (IRR 0,71; $p = 0,003$), ale počet dnů nemoci se mezi skupinami signifikantně nelišil. Nebyla zjištěna ani dose-response mezi 30, 60 a 90 sekundami [[Buijze et al., 2016](#)]. Prakticky to znamená, že účastníci nehlásili méně nemocných dnů, ale méně dnů absence z práce.

Akutní imunitní markery tento nálezn zatím nepodporují jako jasný biologický efekt samotného chladu.

Meta-analýza Cain et al. nenašla signifikantní zlepšení bezprostředně po expozici, SMD $-0,16$ (95 % CI $-0,82$ až $0,51$; $p > 0,05$) [[Cain et al., 2025](#)]. Stejně tak nebyl průkazný efekt po 1 hodině, SMD $-0,18$ (95 % CI $-1,09$ až $0,74$; $p > 0,05$) [[Cain et al., 2025](#)].

Kombinované protokoly typu Wim Hof proto nelze používat jako důkaz účinku samotného chladu. Novější intervenční studie WHM jsou navíc převážně smíšené nebo nulové a většinu efektů nelze oddělit od dechové techniky, mindset složky a očekávání [[Kox et al., 2014](#); [Almahayni et al., 2024](#); [Ketelhut et al., 2023](#); [Blades et al., 2024](#); [Fox et al., 2025](#)].

3.6 Svaly, sportovní regenerace, výkon, hypertrofie a kosti

3.6.1 Svalová bolest po cvičení

Krátkodobé snížení svalové bolesti po cvičení je nejlépe doložený potenciální benefit chlazení, ale jistota důkazů zůstává omezená. Efekt se objevuje hlavně u ponoření do studené vody a je potřeba jej číst v kontextu malých studií, heterogenity a slabého monitorování nežádoucích účinků.

Cochrane přehled ponoření do studené vody zahrnul 17 studií, $N = 366$, a proti pasivní kontrole ukázal konzistentní směr ke krátkodobě nižší svalové bolesti [Bleakley et al., 2012]. Po 24 hodinách byl efekt SMD $-0,55$ (95 % CI $-0,84$ až $-0,27$) a po 48 hodinách SMD $-0,66$ (95 % CI $-0,97$ až $-0,35$) [Bleakley et al., 2012]. Po 72 hodinách byl efekt SMD $-0,93$ (95 % CI $-1,36$ až $-0,51$) a po 96 hodinách SMD $-0,58$ (95 % CI $-1,00$ až $-0,16$) [Bleakley et al., 2012]. Kvalita důkazů však byla nízká, studie byly malé a nežádoucí účinky byly špatně monitorovány.

Podobný směr ukazuje i meta-analýza Hohenauer et al., která zahrnula 36 článků, $N = 574$ [Hohenauer et al., 2015]. Pro bolest svalů po 24 hodinách uvádí Hedges $g = -0,69$ (95 % CI $-1,06$ až $-0,32$). Heterogenita však byla vysoká, $Q = 120,3$, $p < 0,001$, $I^2 = 78,4$ %, takže efekt nelze hodnotit jako vysoce jistý [Hohenauer et al., 2015].

Xiao et al. uvádějí po cvičení snížení svalové bolesti bezprostředně po CWI, SMD $-0,59$ (95 % CI $-0,90$ až $-0,28$), zatímco výsledky po 24 a 48 hodinách byly citlivé na model a odstranění jedné studie [Xiao et al., 2023].

3.6.2 Celotělová kryoterapie

Celotělová kryoterapie má pro svalovou bolest slabší oporu než ponoření do studené vody. Dostupná evidence je malá, nejistá a nestačí k přesvědčivému odlišení skutečného efektu od náhody nebo metodických omezení.

Cochrane přehled zahrnul 4 malé RCT, $N = 64$, a kvalitu důkazů hodnotil jako velmi nízkou [Costello et al., 2015]. Pro bolest po 24 hodinách byl random-effects výsledek SMD $-0,57$ (95 % CI $-1,48$ až $0,33$), tedy nesignifikantní. Po 72 hodinách byla heterogenita velmi vysoká, $I^2 = 87$ %, $\text{Chi}^2 p = 0,005$ [Costello et al., 2015].

3.6.3 Adaptace na silový trénink

Důležitou negativní stránkou je možnost, že pravidelné chlazení po silovém tréninku tlumí adaptaci. Tato oblast je prakticky významná zejména u lidí, jejichž hlavním cílem je síla nebo hypertrofie.

Roberts et al. ve 12týdenní RCT zjistili menší přírůstek svalové hmoty po CWI než po aktivní regeneraci [Roberts et al., 2015]. Aktivní regenerace vedla k přírůstku $+309 \pm 73$ g oproti $+103 \pm 71$ g po CWI; mezi-skupinový rozdíl byl 206 g, $p < 0,001$ [Roberts et al., 2015].

Meta-analýza Malta et al. uvádí u silového tréninku nepříznivý efekt pravidelného CWI na sílu, SMD $-0,60$ (95 % CI $-0,87$ až $-0,33$; $p < 0,0001$) [Malta et al., 2021]. U vytrvalostních ukazatelů nebyl efekt zřejmý, SMD $-0,07$ (95 % CI $-0,54$ až $0,53$; $p = 0,71$) [Malta et al., 2021]. Novější systematický přehled s meta-analýzou Piñero et al. zahrnul 8

studí a v komparativní analýze popsal pravděpodobné malé oslabení hypertrofických adaptací při CWI bezprostředně po odporovém tréninku, $cSMD_{0.5} -0,22$ (95 % CrI $-0,47$ až $0,04$); autoři ale zároveň upozorňují, že kvalita zahrnutých studií byla převážně fair až poor [[Piñero et al., 2024](#)].

Mechanisticky do tohoto obrazu zapadají i data Fuchs et al., kde ochlazení nohy po cvičení snížilo akutní i dvoutýdenní syntézu svalových proteinů [[Fuchs et al., 2020](#)]. Starší studie Yamane et al. rovněž naznačuje tlumení tréninkových adaptací při opakovaném chlazení [[Yamane et al., 2006](#)].

3.6.4 Placebo, kontext a přenositelnost

Část regeneračních efektů může souviset s očekáváním, typem kontroly a konkrétním protokolem. Proto je vhodné oddělovat krátkodobou sportovní regeneraci od tvrzení o obecném zdravotním přínosu.

Broatch et al. zjistili, že CWI nebylo lepší než přesvědčivé termoneutrální placebo u některých ukazatelů regenerace [[Broatch et al., 2014](#)]. Další systematické přehledy podporují, že účinek závisí na teplotě, délce, typu sportu, typu kontrolní intervence a sledovaném endpointu; proto je nevhodné přenášet sportovní regeneraci na obecné zdraví [[Machado et al., 2016](#); [Moore et al., 2023](#); [Choo et al., 2022](#); [Batista et al., 2023](#); [Poppendieck et al., 2013](#); [Leeder et al., 2012](#)].

3.6.5 Kostí

Pro kostní zdraví chybí klinická evidence podporující přínos otužování. Nebyla identifikována klinická RCT ani kohorta ukazující zlepšení denzity kostí nebo snížení zlomenin vlivem otužování.

3.7 Bolest, revmatologie a symptomatické indikace

U revmatologických symptomů je evidence spíše krátkodobě symptomatická; nejde o důkaz modifikace choroby. V dostupných studiích se objevuje ústup bolesti nebo zlepšení subjektivních skóre, ale interpretaci limituje krátké sledování, malá velikost souborů a citlivost na očekávání.

Hirvonen et al. randomizovali 60 pacientů s aktivní revmatoidní artritidou k různým formám kryoterapie včetně celotělové kryoterapie. Bolest klesla ve všech skupinách, skóre aktivity nemoci se však mezi skupinami významně nelišilo; 6 ze 40 osob přerušilo celotělovou kryoterapii [[Hirvonen et al., 2006](#)].

U fibromyalgie Rivera et al. uvádějí v otevřené randomizované křížené studii krátkodobé zlepšení bolesti a FIQ. Výsledek je prakticky relevantní hlavně jako signál možného symptomatického efektu, protože studie byla nezasepená, krátká a citlivá na očekávání [[Rivera et al., 2018](#)].

Vybrané klinické studie s rozdílnou interpretací

Pro dlouhodobost, kardiovaskulární prevenci, prevenci diabetu, prevenci rakoviny ani prevenci Alzheimerovy choroby nebyly identifikovány velké RCT s konfliktními hard clinical výsledky. Následující tabulka proto shrnuje spíše vybrané klinické studie, které jsou pro praktickou interpretaci důležité a mají odlišný význam podle cílového outcome. Jediná velká pragmatická RCT studených sprch řeší pracovní absenci a dny nemoci, nikoli civilizační onemocnění [[Buijze et al., 2016](#)].

Intervence/formulace	Dávka	Placebo/kontrola	Populace	Primární endpoint	Výsledek	Pravděpodobné vysvětlení rozdílu
Studená sprcha	30, 60 nebo 90 sekund po teplé sprše po 30 dní	Běžné sprchování	3 018 dospělých bez závažné komorbidity	Dny nemoci a pracovní absence	Absence IRR 0,71, p = 0,003; dny nemoci bez signifikantního skupinového efektu	Možné snížení závažnosti nebo chování při absenci, ne snížení incidence infekcí
Celotělová kryoterapie u deprese	10 sezení –110 až –160 °C	Sham –50 °C	92 randomizováno, 56 dokončilo	HAM-D 17 a BDI-II	HAM-D rozdíl –4,488, p = 0,02; BDI-II rozdíl –5,007 v T2, p = 0,01, neudrženo	Malé N, vysoká ztráta, adjuvantní léčba, silná očekávání
Ponoření do studené vody po silovém tréninku	10 minut po tréninku	Aktivní regenerace	Mladí muži ve 12týdenní studii	Síla a svalová adaptace	Menší hypertrofie a síla v CWI skupině	Tlumení akutní anabolické signalizace a syntézy svalových proteinů

4. Dávkování a forma užívání

Optimální dávky podle cílového efektu

Pro dlouhodobost a prevenci civilizačních onemocnění neexistuje medicínsky ověřená dávka. Jakékoli doporučení je proto vhodné chápat jako wellness nebo symptomatické použití, nikoli jako prevenci infarktu, rakoviny, Alzheimerovy choroby nebo diabetu 2. typu.

- **Běžná zdravá populace:** nejnižší riziko má krátká studená sprcha na konci teplé sprchy. Jediná velká RCT použila 30, 60 nebo 90 sekund po dobu 30 dní a nenašla rozdíl mezi délkami; není proto důvod doporučovat delší expozici kvůli „imunitě“ [[Buijze et al., 2016](#)].
- **Sportovní regenerace:** nejčastější rozsah je 10–15 °C po dobu 10–15 minut. Meta-analýzy parametrů naznačují, že teplota a délka mohou měnit subjektivní bolest, ale heterogenita a rozdílné kontroly brání přesnému určení minimální efektivní dávky [[Machado et al., 2016](#); [Batista et al., 2023](#)].
- **Hypertrofie a maximální silová adaptace:** pokud je cílem růst svalů nebo maximální silová adaptace, pravidelné chlazení bezprostředně po silovém tréninku není vhodné [[Roberts et al., 2015](#); [Malta et al., 2021](#); [Piñero et al., 2024](#); [Fuchs et al., 2020](#)].
- **Metabolické cíle:** ledové koupele nelze doporučit jako náhradu léčby obezity nebo diabetu. Laboratorní studie používaly mírný chlad, například 17–19 °C po delší dobu, nikoli nutně ledovou vodu; endpointy byly zástupné [[Lee et al., 2014](#); [Hanssen et al., 2015](#)].

Porovnání forem

- **Studená sprcha:** nejjednodušší a relativně kontrolovatelná forma; evidence se týká pracovní absence, nikoli menšího počtu infekcí.
- **Ponoření do studené vody:** silnější fyziologický stres než sprcha; vhodné spíše pro zkušené a zdravé osoby, zejména ve sportu.
- **Zimní plavání:** nejvyšší riziko kvůli prostředí, utonutí, hypotermii a vzdálenosti od pomoci.
- **Celotělová kryoterapie:** má probíhat ve specializovaném zařízení; důkazy jsou slabé a kontraindikace časté.
- **Lokální kryoterapie:** nižší systémové riziko; praktičtější spíše pro lokální bolest než pro „celkové zdraví“.
- **Kontrastní vodní terapie:** sportovní regenerační modalita; nelze z ní odvozovat prevenci nemocí [[Higgins et al., 2017](#)].

Časování, úvodní postup a interakce s jídlem

Úvodní postup má být postupný: kratší expozice, kontrolované prostředí, bez zadržování dechu a bez soutěžení o délku. U rizikových osob je vhodné začít jen po lékařském posouzení.

- **Po silovém tréninku:** při cíli růstu svalů a síly je rozumné chlazení vynechat nebo jej oddělit od tréninku. Přímý důkaz optimálního odstupu v hodinách však není dostatečný.
- **Jídlo a farmakokinetika:** interakce s jídlem nejsou farmakokineticky relevantní, protože nejde o požitelnou látku.
- **Situace vyžadující opatrnost:** prakticky je vhodné vyhnout se ledové vodě po alkoholu, po sedativech, při vyčerpání, při hypoglykémii a při akutním onemocnění.

5. Rizika, kontraindikace a lékové interakce

Nežádoucí účinky a frekvence

V RCT studených sprch nebyly hlášeny související závažné nežádoucí příhody. Nejčastější související mírné potíže byly přetrvávající pocit chladu v těle u 196 účastníků a v ruce nebo nohou u 257 účastníků; u tří osob s Raynaudovým fenoménem byl tento problém specificky zmíněn. Další vzácné potíže zahrnovaly svalové bolesti nebo křeče, svědění, nespavost při večerním sprchování, závratě, palpitace a přechodné otoky či zarudnutí prstů [[Buijze et al., 2016](#)].

U otevřené vody a ledových koupelí jsou hlavní rizika chladový šok, hyperventilace, aspirace vody, utonutí, arytmie, hypotermie, ztráta svalové koordinace a post-rescue kolaps [[Datta et al., 2006](#); [Giesbrecht et al., 2000](#); [Tipton et al., 2017](#)]. Omrzliny a nechládová poranění končetin jsou relevantní zejména při dlouhé expozici, mokru, větru, nedostatečné ochraně a poruše periferní cirkulace [[Imray et al., 2009](#)]. Cold urticaria může vyvolat kopřivku, angioedém i anafylaxi při vodních aktivitách nebo požití studených nápojů [[Diaz et al., 2023](#); [Hochstadter et al., 2013](#)].

Novější field studie delšího outdoor cold-water swimming eventu navíc popsala po doplávání prodloužení QTc z $437,7 \pm 27,7$ ms na $457,2 \pm 35,9$ ms; u pěti účastníků QTc přesáhl 500 ms,

bez průkazu akutního zhoršení biventriculární funkce [[Faivre-Rampant et al., 2024](#)]. Nejde o důkaz, že krátká studená sprcha je arytmogenní, ale podporuje zvýšenou opatrnost u osob s predispozicí k QT prolongaci nebo při delší open-water expozici.

Absolutní kontraindikace

Kontraindikace	Mechanismus	Klinické riziko	Praktický postup
Známa chladová kopřivka se systémovou reakcí nebo anafylaxí	Mastocytární aktivace chladem	Anafylaxe, angioedém, utonutí při reakci ve vodě	Neprovádět ledové koupele ani zimní plavání; alergologické vyšetření
Kryoglobulinemie nebo cold agglutinin disease	Chladově spuštěná precipitace proteinů nebo hemolytická reakce	Hemolýza, ischemie, systémové komplikace	Neprovádět mimo specializované posouzení; při aktivním onemocnění prakticky kontraindikováno
Nestabilní ischemická choroba srdeční, nedávný infarkt, nestabilní arytmie	Sympatická aktivace, vazokonstrikce, autonomní konflikt	Ischemie, maligní arytmie, synkopa	Neprovádět bez kardiologického souhlasu; u nestabilního stavu kontraindikováno
Kongenitální long-QT, Brugada syndrom nebo anamnéza neobjasněné synkopy při námaze či chladu	Vrozená elektrická nestabilita zhoršená chladovým stresem	Maligní arytmie, synkopa, náhlá zástava	Neprovádět bez kardiologického posouzení; ledová voda a otevřená voda nevhodné
Nekontrolovaná těžká hypertenze	Akutní vzestup krevního tlaku při chladu	Hypertenzní krize, cévní příhoda	Nejprve kontrola tlaku, léčba a lékařské posouzení
Intoxikace alkoholem, opioidy, sedativy nebo kombinace s otevřenou vodou	Horší úsudek, termoregulace a schopnost úniku	Utonutí, hypotermie, úraz	Neprovádět
Neschopnost samostatně vystoupit z vody nebo plavat v daných podmínkách	Ztráta motoriky a panika	Utonutí	Neprovádět bez přímého dozoru a bezpečnostního zajištění

Zvýšená opatrnost

Stav	Mechanismus	Riziko	Praktický postup
Stabilní ischemická choroba srdeční, srdeční selhání, poruchy převodu	Zvýšená práce srdce, autonomní změny	Angina, arytmie, synkopa	Lékařské posouzení, nezačínat ledovou vodou
Raynaudův fenomén a periferní cévní onemocnění	Vazospasmus a snížená perfuze	Bolest, ischemie prstů, zhoršení symptomů	Preferovat krátkou mírnou expozici nebo se vyhnout
Astma a chladová bronchokonstrikce	Chladný vzduch a hyperventilace	Bronchospasmus	Inhalační léčba dle plánu, nezkoušet v osamění
Diabetes s neuropatií	Horší vnímání chladu, porucha periferní cirkulace	Omrzliny, poranění, hypoglykémie nerozpoznaná včas	Krátká kontrolovaná expozice, kontrola kůže a glykémie
Epilepsie, nevysvětlené synkopy, panické ataky	Hyperventilace, stresová odpověď	Ztráta kontroly ve vodě	Bez otevřené vody, jen s dozorem, zvážit vynechání

Stav	Mechanismus	Riziko	Praktický postup
Těhotenství	Nedostatek přímé bezpečnostní evidence	Synkopa, teplotní stres	Bez ledových koupelí a kryokomor mimo indikované lékařské prostředí
Akutní infekce, horečka, vyčerpání	Zátěž termoregulace	Kolaps, zhoršení stavu	Vynechat do zotavení

Lékové interakce

Protože otužování není požitelná látka, nejsou relevantní klasické farmakokinetické interakce přes absorpci, chelaci nebo cytochromy. Prakticky důležité jsou spíše stavy a léky, které zvyšují riziko arytmie, kolapsu, hypotenze, hypoglykémie nebo ztráty úsudku při chladovém stresu.

Léková skupina	Co může měnit odpověď na chlad	Jak chlad mění lékovou bezpečnost	Praktický postup
Beta-blokátory	Mechanisticky mohou tlumit srdeční frekvenci a termogenní odpověď; PET-CT asociace s nižší detekcí hnědé tukové tkáně je nepřímý podklad, ne přímý klinický interakční důkaz [Cypess et al., 2009]	Chlad může zvýšit periferní vazokonstrikci a krevní tlak	Začít jen mírně, sledovat toleranci, u kardiaků konzultace
Antihypertenziva a nitráty	Mohou zvyšovat riziko ortostatické hypotenze po expozici	Střídání vazokonstrikce a následného ohřevu může přispět k závratí	Nevstávat prudce, neprovádět o samotě
Diuretika	Dehydratace a elektrolytové poruchy zvyšují riziko kolapsu	Chladový stres může zhoršit toleranci zátěže	Hydratace, vyhnout se dlouhé expozici
Antiarytmika a léky prodlužující QT interval	Základní arytmiické riziko	Autonomní konflikt a při delších open-water expozicích i přechodné prodloužení QTc mohou zvýšit riziko arytmie	Kardiologické posouzení před ponořením
Inzulin a sulfonylurea	Riziko hypoglykémie může být hůře rozpoznatelné ve studené vodě	Třes a stresové příznaky mohou maskovat hypoglykémii	Kontrola glykémie, nejtít do vody nalačno a sám
Benzodiazepiny, hypnotika, opioidy, alkohol	Horší úsudek, koordinace, termoregulace	Výrazně vyšší riziko utonutí a hypotermie	Nekombinovat
Stimulancia a vysoké dávky kofeinu	Vyšší sympatická aktivace	Palpitace, úzkost, vzestup tlaku	Opatrnost, zejména u hypertenze a arytmií
Psychofarmaka se sedací nebo ortostatickou složkou	Závratě a pomalejší reakce	Kolaps při výstupu z vody	Dozor a krátká expozice

U myasthenia gravis, atrioventrikulárních blokády, těžkého renálního selhání a střevní obstrukce nejsou relevantní chelatační nebo osmotické mechanismy, protože nejde o iontovou ani osmoticky aktivní látku. U poruch srdečního převodu však existuje obecný elektrofyziologický důvod k opatrnosti při silném chladovém stresu.

6. Limity současné evidence

6.1 Metodologické limity

Hlavním limitem současné evidence je absence přímých klinických endpointů. Pro celkovou mortalitu, délku života, infarkt, cévní mozkovou příhodu, rakovinu, demenci, osteoporotické zlomeniny a incidenci diabetu 2. typu chybí kvalitní RCT i prospektivní kohorty dobrovolného otužování. Mechanistická data o hnědé tukové tkáni, noradrenalinu nebo RBM3 jsou biologicky zajímavá, ale klinické výsledky nenahrazují [[Peretti et al., 2015](#); [Becher et al., 2021](#); [Esperland et al., 2022](#)].

Druhým podstatným limitem je riziko zkreslení. Zaslepení je u chladu obtížné, sham intervence bývají málo přesvědčivé, očekávání účastníků může být silné a řada studií pracuje se subjektivními výsledky. Studie Broatch et al. ukazuje, že část regeneračního efektu může odpovídat placebo nebo očekávání [[Broatch et al., 2014](#)]. Systematické přehledy zároveň upozorňují na nízkou až velmi nízkou kvalitu evidence a vysoké riziko performance a detection bias [[Bleakley et al., 2012](#); [Costello et al., 2015](#); [Hohenauer et al., 2015](#)].

6.2 Heterogenita a confounding

Studie se výrazně liší modalitou, teplotou, délkou expozice, hloubkou ponoření, fyzickou aktivitou, trénovaností, pohlavím, časem měření i typem kontrolní intervence. Studené sprchy, ledové koupele, celotělovou kryoterapii a zimní plavání proto nelze jednoduše slučovat jako jednu homogenní intervenci. U svalové bolesti byla heterogenita v klíčové meta-analýze vysoká, $I^2 = 78,4 \%$, $Q p < 0,001$ [[Hohenauer et al., 2015](#)]. U duševního zdraví po WBC byla heterogenita extrémní, $I^2 = 93 \%$ [[Doets et al., 2021](#)].

U observačních studií je navíc významný self-selection a healthy-user efekt. Lidé, kteří zimně plavou nebo se dlouhodobě otužují, mohou být už na vstupu fyzicky aktivnější, motivovanější a mít odlišný životní styl, včetně rozdílů ve stravě, BMI, kouření, spánku, sociálním kontaktu nebo současném používání sauny a kontrastních expozic [[Huttunen et al., 2004](#); [Esperland et al., 2022](#)]. To omezuje možnost připsat pozorované rozdíly samotnému chladu.

6.3 Publikační bias a reporting

U CWI a DOMS byly popsány funnel ploty s možnou asymetrií ve prospěch pozitivních výsledků, i když Eggerův test nebyl signifikantní [[Hohenauer et al., 2015](#)]. Tento signál je třeba interpretovat opatrně, ale v kontextu malých studií, subjektivních outcome a mediální atraktivity otužování zůstává publikační bias reálným rizikem.

Slabě je reportována také bezpečnost. Cochrane přehledy opakovaně upozorňují na nedostatečné sledování nežádoucích účinků u CWI a WBC [[Bleakley et al., 2012](#); [Costello et al., 2015](#)]. To je důležité, protože fyziologické bezpečnostní přehledy popisují reálná rizika chladového šoku, autonomního konfliktu, hypotermie a utonutí [[Shattock et al., 2012](#); [Giesbrecht et al., 2000](#); [Knechtle et al., 2020](#)].

6.4 Chybějící evidence

Největší mezery zůstávají u dlouhodobých a klinicky relevantních výsledků. Chybí velké RCT s pevnými endpointy, dlouhodobé sledování nad 5 let, přesvědčivé aktivní kontroly typu teplá sprcha + dechové cvičení + komunita a dose-response studie u klinických populací, například u kardiaků, diabetiků nebo lidí s depresivní symptomatikou.

U kombinovaných protokolů typu Wim Hof navíc zůstává základní metodologický problém: většina studií zároveň mění dechovou techniku, mindset, skupinový kontext a očekávání, takže samostatný efekt chladu nelze čistě izolovat ani v novějších RCT.

Novější přehled zároveň zdůrazňuje, že dostupných RCT je málo, vzorky jsou malé a populace málo diverzní [[Cain et al., 2025](#)]. Praktický závěr proto zůstává konzervativní: evidence může podporovat krátkodobé subjektivní nebo mechanistické efekty v některých kontextech, ale zatím nestačí k tvrzení, že dobrovolné otužování zlepšuje dlouhodobé klinické zdraví.

7. Závěr a praktická doporučení

Současná evidence nepodporuje tvrzení, že otužování prodlužuje život nebo prokazatelně brání infarktu, mrtvici, rakovině, Alzheimerově chorobě nebo diabetu 2. typu. Nejpevnější data se týkají krátkodobé subjektivní regenerace po cvičení a jedné velké studie studených sprch, kde se snížila pracovní absence pro nemoc, ale nikoli počet dnů nemoci. To je statisticky zajímavé, ale nelze z toho dělat závěr o „silnější imunitě“. Otužování může dávat smysl jako osobní wellness rituál nebo cílený sportovní nástroj.

U sportu je ale nutné rozlišit cíl: po závodě může studená voda pomoci se subjektivní bolestí, zatímco po silovém tréninku zaměřeném na růst svalů a sílu může pravidelné chlazení tlumit adaptaci. U nálady existují malé akutní experimenty s krátkodobými změnami afektu a předběžný signál pro celotělovou kryoterapii jako doplněk léčby deprese, ale jde o malé a krátké studie; efekt na HAM-D je zajímavý, klinicky však zůstává nejistý, a efekt BDI-II nebyl stabilně udržen.

U kombinovaných protokolů typu Wim Hof jsou navíc novější intervenční studie smíšené a neumožňují čistě oddělit efekt samotného chladu od dechové techniky a očekávání.

Prakticky je nejrozumnější začínat krátkou studenou sprchou, nikoli ledovou vanou nebo otevřenou vodou. Neprovádět otužování po alkoholu, při akutní nemoci, o samotě v přírodní vodě, při známé chladové kopřivce, nestabilním srdečním onemocnění, nekontrolované hypertenzi nebo nevysvětlených kolapsech. Varovné příznaky jako bolest na hrudi, bušení srdce, dušnost, zmatenost, nekontrolovatelný třes, necitlivost prstů nebo kopřivka nejsou „adaptace“, ale důvod expozici ukončit. Populární literatura často zaměňuje akutní noradrenalinovou odpověď, aktivaci hnědé tukové tkáně a pocit bdělosti za důkaz dlouhověkosti.

Takový závěr není vědecky oprávněný. Biologická plausibilita existuje, ale bez klinických endpointů zůstává otužování spíše nástrojem regulace pocitu, regenerace a osobní disciplíny než medicínsky prokázanou prevencí civilizačních onemocnění.

8. GRADE hodnocení

A - Silná evidence
B - Střední evidence
C - Omezená evidence
D - Slabá evidence

Oblast / Outcome	Gr.	Směr efektu	Orientační velikost	Typ důkazů
Bezpečnost				
Riziko utonutí v prvních minutách ponoření v důsledku cold shock response Zdroje: [14] [62]	B	Nepříznivý	Dominantní příčina úmrtí u nezvyklých koupání	Bezpečnostní přehledy + fyziologie
Akutní chladový šok, arytmie, utonutí a hypotermie Zdroje: [12] [14] [23] [62] [66]	C	Nepříznivý	Riziko je biologicky plausibilní a klinicky relevantní zejména při neřízeném ponoření nebo delší open-water expozici	Fyziologické a bezpečnostní přehledy
Kardiovaskulární zdraví				
Akutní zvýšení krevního tlaku a srdečního výdeje při ponoření do studené vody Zdroje: [12] [14]	B	Nepříznivý (riziko u kardiaků)	Vzestup systolického tlaku o 20–60 mmHg, srdeční frekvence o 15–30 tepů/min	Konzistentní fyziologické studie
Vyvolání arytmií (extrasystoly, fibrilace síní) při ponoření – tzv. autonomní konflikt Zdroje: [14] [23]	B	Nepříznivý	Riziko zvýšené u predisponovaných, mechanismus dobře popsán	Fyziologická studie + bezpečnostní přehled
Akutní krevní tlak a autonomní odpověď na chlad Zdroje: [24]	C	Smíšený	Střední krevní tlak standardizovaný rozdíl průměrů (SMD) 0,28, $p < 0,001$; 95 % interval spolehlivosti (CI) a I^2 nebyly v abstraktu uvedeny	Systematický přehled a meta-analýza, 27 článků
Možný trend k nižšímu klidovému krevnímu tlaku v malých observačních zdrojích Zdroje: [4] [67]	D	Smíšený	Některé malé observační nebo narativní zdroje popisují trend k mírnému snížení, ale přímý intervenční důkaz trvalého efektu chybí	Malé observační a narativní studie bez robustního intervenčního potvrzení
Prevence infarktu, cévní mozkové příhody a kardiovaskulární mortality Zdroje: [3] [4] [41] [42] [43]	D	Neprokázaný	Přímé intervenční ani kohortové důkazy dobrovolného otužování pro tyto klinické endpointy nebyly identifikovány; nepřímá populační data o ambientním chladu navíc ukazují bezpečnostní rizika	Přímé klinické důkazy chybí; nepřímá observační data okolní teploty slouží jen jako safety korektiv

Oblast / Outcome	Gr.	Směr efektu	Orientační velikost	Typ důkazů
Svalová hmota a regenerace				
Potlačení nárůstu svalové hmoty po silovém tréninku při použití ledové koupele bezprostředně po cvičení Zdroje: [49] [50] [51] [52]	C	Nepříznivý	Menší hypertrofie a nižší akutní syntéza svalových proteinů; komparativní meta-analýza uvádí cSMD0.5 -0,22 (95 % CrI -0,47 až 0,04); efekt na dlouhodobou sílu není ve všech studiích stejně velký	1 dlouhodobá RCT + 2 meta-analýzy + 1 mechanistická studie; kvalita studií fair až poor
Snížení svalové bolesti po cvičení (DOMS) krátkodobě, cold water immersion Zdroje: [1] [6] [7]	C	Příznivý	Standardizovaný rozdíl průměrů (SMD) -0,55 (-0,84 až -0,27), klinicky malý efekt	17 RCT, N = 366, I ² = 67 %
Dlouhodobé přírůstky síly při pravidelném chlazení po silovém tréninku Zdroje: [50]	C	Nepříznivý	Standardizovaný rozdíl průměrů (SMD) -0,60 (-0,87 až -0,33), p < 0,0001	Systematický přehled s meta-analýzou, 8 článků
Syntéza svalových proteinů po cvičení Zdroje: [52]	C	Nepříznivý	Syntéza bílkovin byla nižší po chlazení, p = 0,024 až 0,042 podle endpointu	Fyziologická intervenční studie, N = 12
Vnímaná regenerace (perceived recovery) po cvičení Zdroje: [6] [68]	C	Příznivý	Malý krátkodobý efekt, většina pod hranici klinické významnosti	Meta-analýza 36 RCT, N = 1 252
Úleva od svalové bolesti po celotělové kryoterapii Zdroje: [2]	D	Smíšený	Standardizovaný rozdíl průměrů (SMD) -0,57 (-1,48 až 0,33) po 24 hodinách v random-effects modelu; nesignifikantní	Cochrane systematický přehled, 4 RCT, N = 64
Diabetes a metabolismus				
Aktivace hnědé tukové tkáně a zvýšení netřesové termogeneze Zdroje: [16] [32]	C	Příznivý	Malé mechanistické studie ukazují vyšší BAT aktivitu a mírné zvýšení energetického výdeje; klinický význam zůstává nejistý	Malé mechanistické intervenční studie
Zlepšení inzulinové senzitivity po dlouhodobé mírné chladové aklimatizaci u pacientů s diabetem 2. typu Zdroje: [33]	C	Příznivý	+43 % Hodnota inzulinové citlivosti z clamp testu (citlivost na inzulin)	1 malá intervenční před-po studie, N = 8; mechanistický surrogate outcome
Vaskulární a lipidové surrogate endpointy po opakovaném CWI nebo zimním plavání Zdroje: [39] [40]	D	Smíšený/nejistý	Malé nezaslepené studie a malá zimní plavecká kohorta popisují změny cIMT, arteriální tuhosti, LDL, TG, hsCRP nebo PCSK9; bez klinických událostí a s vysokou nepřímostí	Malé surrogate studie + malá observační kohorta

Oblast / Outcome	Gr.	Směr efektu	Orientační velikost	Typ důkazů
Jaterní tuk a tělesná kompozice po opakovaném chladu Zdroje: [32][39]	D	Nejistý	Jednotlivé malé studie naznačují pokles hepatorenálního indexu nebo tukové hmoty, ale bez robustní replikace a bez klinické validace	Malé mechanistické a surrogate studie
Klinicky významné hubnutí pouze pomocí chladové expozice Zdroje: [3][4]	D	Nepříznivý/ne dostatečný	Nedostatek důkazů pro klinicky významný efekt	Přímé klinické důkazy chybí; dostupné mechanistické studie nestačí
Imunita a zánět				
Pracovní absence pro nemoc při studené sprše Zdroje: [5]	C	Příznivý	IRR 0,71; p = 0,003; bez snížení dnů nemoci	Randomizovaná pragmatická studie, N = 3 018
Akutní zánětlivá odpověď po ponoření do studené vody Zdroje: [3]	C	Smíšený/nejistý klinický význam	Přechodné zvýšení zánětlivých biomarkerů bezprostředně a po 1 hodině; klinický význam zůstává nejasný	Systematický přehled a meta-analýza, 11 RCT; celkové N review 3 177, outcome-specific N v tabulce nespecifikováno
Modulace cytokinové odpovědi na lipopolysacharid (LPS) Zdroje: [18]	D	Smíšený/nepříznivý	Atenuace interleukinu 6 (IL-6) a tumor nekrotizujícího faktoru alfa (TNF-α) v endotoxin modelu; efekt nelze oddělit od dechové techniky a meditace	1 malá RCT, N = 24, kombinovaný WHM protokol
Neprokázán pokles dnů nemoci při studené sprše Zdroje: [5]	D	Nejistý	Bez signifikantního poklesu self-reported dnů nemoci; velká RCT ukázala nižší pracovní absenci, nikoli méně illness days	1 pragmatická RCT, N = 3 018
Akutní imunitní markery po ponoření do studené vody Zdroje: [3]	D	Neprokázaný	Standardizovaný rozdíl průměrů (SMD) -0,16 (-0,82 až 0,51) bezprostředně a standardizovaný rozdíl průměrů (SMD) -0,18 (-1,09 až 0,74) po 1 hodině; nesignifikantní	Systematický přehled a meta-analýza, 11 RCT; celkové N review 3 177, outcome-specific N v tabulce nespecifikováno
Duševní zdraví				
Depresivní příznaky při celotělové kryoterapii jako doplňku léčby Zdroje: [9][48]	C	Příznivý	HAM-D rozdíl -4,488 bodu ve 2 týdnech; BDI-II rozdíl -5,007 bodu po 1 týdnu, neudržen; malé n po drop-outu	1 malá sham-kontrolovaná add-on RCT + heterogenní systematický přehled

Oblast / Outcome	Gr.	Směr efektu	Orientační velikost	Typ důkazů
Stres 12 hodin po ponoření do studené vody Zdroje: [3]	D	Příznivý	Standardizovaný rozdíl průměrů (SMD) $-1,00$ ($-1,40$ až $-0,61$), $p < 0,01$, ale jen v jednom časovém okně 12 hodin; efekt nebyl přítomen v jiných časech	Systematický přehled a meta-analýza, 11 RCT; celkové N review 3 177, outcome-specific N v tabulce nespecifikováno; silně time-specific výsledek
Akutní změna afektu a subjektivní bdělosti po krátkém ponoření Zdroje: [3] [46] [47]	D	Smíšený	V malých experimentech zvýšení pozitivního afektu a/nebo pozdější pokles negativního afektu; souhrnná data neukazují stabilní efekt napříč časy a protokoly	2 malé akutní experimenty + systematický přehled
Kombinovaná Wim Hofova metoda na stres, depresi a psychologické parametry Zdroje: [19] [20] [21] [22]	D	Smíšený	Novější RCT a semi-randomizovaná studie ukazují převážně nulové nebo omezené rozdíly proti aktivní kontrole; část efektů se týká jen state-level energie, mentální jasnosti nebo ruminace po stresu	2 RCT + 1 semi-randomizovaná studie + systematický přehled; kombinovaný protokol dech + mindset + chlad
Snížení úzkosti nebo zlepšení kvality spánku Zdroje: [4]	D	Nejistý	Slabá evidence, riziko self-selection bias	Observační studie
Duševní zdraví po celotělové kryoterapii v souhrnu studií Zdroje: [48]	D	Smíšený	Hedges g 1,63 (1,05 až 2,21), $I^2 = 93\%$; vysoká heterogenita	Systematický přehled a meta-analýza, 10 studií
Bolest a revmatologie				
Krátkodobé snížení bolesti u revmatologických a fibromyalgických symptomů Zdroje: [10] [61]	C	Příznivý	Krátkodobý efekt, dlouhodobá relevance neprokázána	Malé heterogenní klinické studie
Onkologie				
Snížení incidence nebo mortality nádorových onemocnění Zdroje: [3] [4]	D	Nejistý	Bez humánní evidence	Přímá humánní evidence chybí
Kognice a neurologie				
Kognitivní výkon během expozice chladu Zdroje: [36]	C	Nepříznivý	V 15 z 18 experimentálních nastavení bylo zjištěno zhoršení kognitivního výkonu	Systematický přehled, 18 studií
Prevence demence nebo Alzheimerovy choroby Zdroje: [35] [36]	D	Nejistý	Bez humánní evidence	Pouze preklinická data o cold-shock proteinu

Oblast / Outcome	Gr.	Směr efektu	Orientační velikost	Typ důkazů
Kosti				
Vliv na hustotu kostí nebo riziko zlomenin Zdroje: [4]	D	Nejistý	Bez relevantních humánních dat	Přímá klinická evidence chybí
Dlouhověkost				
Prodloužení celkového přežití nebo snížení celkové mortality Zdroje: [4]	D	Nejistý	Bez přímých dat z randomizovaných studií ani z velkých kohort	Žádné kvalitní studie

9. Použitá literatura

- [1] Bleakley C, et al. Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise. The Cochrane database of systematic reviews. 2012. PMID 22336838.
DOI 10.1002/14651858.cd008262.pub2.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22336838/>
- [2] Costello JT, et al. Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults. The Cochrane database of systematic reviews. 2015. PMID 26383887.
DOI 10.1002/14651858.cd010789.pub2.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26383887/>
- [3] Cain T, et al. Effects of cold-water immersion on health and wellbeing: A systematic review and meta-analysis. PloS one. 2025. PMID 39879231. DOI 10.1371/journal.pone.0317615.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39879231/>
- [4] Esperland D, et al. Health effects of voluntary exposure to cold water - a continuing subject of debate. International journal of circumpolar health. 2022. PMID 36137565. DOI 10.1080/22423982.2022.2111789.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36137565/>
- [5] Buijze GA, et al. The Effect of Cold Showering on Health and Work: A Randomized Controlled Trial. PloS one. 2016. PMID 27631616. DOI 10.1371/journal.pone.0161749.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27631616/>
- [6] Hohenauer E, et al. The Effect of Post-Exercise Cryotherapy on Recovery Characteristics: A Systematic Review and Meta-Analysis. PloS one. 2015. PMID 26413718. DOI 10.1371/journal.pone.0139028.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26413718/>
- [7] Xiao F, et al. Effects of cold water immersion after exercise on fatigue recovery and exercise performance--meta analysis. Frontiers in physiology. 2023. PMID 36744038.
DOI 10.3389/fphys.2023.1006512.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36744038/>
- [8] Huttunen P, et al. Winter swimming improves general well-being. International journal of circumpolar health. 2004. PMID 15253480. DOI 10.3402/ijch.v63i2.17700.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15253480/>
- [9] Rymaszewska J, et al. Efficacy of the Whole-Body Cryotherapy as Add-on Therapy to Pharmacological Treatment of Depression-A Randomized Controlled Trial. Frontiers in psychiatry. 2020. PMID 32581890.
DOI 10.3389/fpsy.2020.00522.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32581890/>
- [10] Hirvonen HE, et al. Effectiveness of different cryotherapies on pain and disease activity in active rheumatoid arthritis. A randomised single blinded controlled trial. Clinical and experimental rheumatology. 2006. PMID 16870097.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16870097/>
- [11] Higgins TR, et al. Effects of Cold Water Immersion and Contrast Water Therapy for Recovery From Team Sport: A Systematic Review and Meta-analysis. Journal of strength and conditioning research. 2017. PMID 27398915. DOI 10.1519/jsc.0000000000001559.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27398915/>
- [12] Datta A, et al. Respiratory responses to cold water immersion: neural pathways, interactions, and clinical consequences awake and asleep. Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985). 2006. PMID 16714416. DOI 10.1152/jappphysiol.01201.2005.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16714416/>
- [13] Castellani JW, et al. Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure. Autonomic neuroscience : basic & clinical. 2016. PMID 26924539.
DOI 10.1016/j.autneu.2016.02.009.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26924539/>
- [14] Tipton MJ, et al. Cold water immersion: kill or cure? Experimental physiology. 2017. PMID 28833689.
DOI 10.1113/ep086283.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28833689/>
- [15] Srámek P, et al. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. European journal of applied physiology. 2000. PMID 10751106. DOI 10.1007/s004210050065.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10751106/>

- [16] van der Lans AA, et al. Cold acclimation recruits human brown fat and increases nonshivering thermogenesis. *The Journal of clinical investigation*. 2013. PMID 23867626. DOI 10.1172/jci68993. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23867626/>
- [17] Roobol A, et al. Biochemical insights into the mechanisms central to the response of mammalian cells to cold stress and subsequent rewarming. *The FEBS journal*. 2009. PMID 19054067. DOI 10.1111/j.1742-4658.2008.06781.x. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19054067/>
- [18] Kox M, et al. Voluntary activation of the sympathetic nervous system and attenuation of the innate immune response in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2014. PMID 24799686. DOI 10.1073/pnas.1322174111. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24799686/>
- [19] Almahayni O, et al. Does the Wim Hof Method have a beneficial impact on physiological and psychological outcomes in healthy and non-healthy participants? A systematic review. *PloS one*. 2024. PMID 38478473. DOI 10.1371/journal.pone.0286933. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38478473/>
- [20] Ketelhut S, et al. The effectiveness of the Wim Hof method on cardiac autonomic function, blood pressure, arterial compliance, and different psychological parameters. *Scientific reports*. 2023. PMID 37845341. DOI 10.1038/s41598-023-44902-0. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37845341/>
- [21] Blades R, et al. A randomized controlled clinical trial of a Wim Hof Method intervention in women with high depressive symptoms. *Comprehensive psychoneuroendocrinology*. 2024. PMID 39606690. DOI 10.1016/j.cpnec.2024.100272. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39606690/>
- [22] Fox N, et al. A semi-randomised control trial assessing psychophysiological effects of breathwork and cold immersion. *Scientific reports*. 2025. PMID 41388053. DOI 10.1038/s41598-025-29187-9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41388053/>
- [23] Shattock MJ, et al. 'Autonomic conflict': a different way to die during cold water immersion? *The Journal of physiology*. 2012. PMID 22547634. DOI 10.1113/jphysiol.2012.229864. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22547634/>
- [24] Jdidi H, et al. The effects of cold exposure (cold water immersion, whole- and partial- body cryostimulation) on cardiovascular and cardiac autonomic control responses in healthy individuals: A systematic review, meta-analysis and meta-regression. *Journal of thermal biology*. 2024. PMID 38663342. DOI 10.1016/j.jtherbio.2024.103857. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38663342/>
- [25] Gregson W, et al. Influence of cold water immersion on limb and cutaneous blood flow at rest. *The American journal of sports medicine*. 2011. PMID 21335348. DOI 10.1177/0363546510395497. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21335348/>
- [26] van Marken Lichtenbelt WD, et al. Cold-activated brown adipose tissue in healthy men. *The New England journal of medicine*. 2009. PMID 19357405. DOI 10.1056/nejmoa0808718. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19357405/>
- [27] Cypess AM, et al. Identification and importance of brown adipose tissue in adult humans. *The New England journal of medicine*. 2009. PMID 19357406. DOI 10.1056/nejmoa0810780. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19357406/>
- [28] Virtanen KA, et al. Functional brown adipose tissue in healthy adults. *The New England journal of medicine*. 2009. PMID 19357407. DOI 10.1056/nejmoa0808949. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19357407/>
- [29] Saito M, et al. High incidence of metabolically active brown adipose tissue in healthy adult humans: effects of cold exposure and adiposity. *Diabetes*. 2009. PMID 19401428. DOI 10.2337/db09-0530. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19401428/>
- [30] Ouellet V, et al. Brown adipose tissue oxidative metabolism contributes to energy expenditure during acute cold exposure in humans. *The Journal of clinical investigation*. 2012. PMID 22269323. DOI 10.1172/jci60433. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22269323/>
- [31] Orava J, et al. Different metabolic responses of human brown adipose tissue to activation by cold and insulin. *Cell metabolism*. 2011. PMID 21803297. DOI 10.1016/j.cmet.2011.06.012. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21803297/>

- [32] Yoneshiro T, et al. Recruited brown adipose tissue as an antiobesity agent in humans. *The Journal of clinical investigation*. 2013. PMID 23867622. DOI 10.1172/jci67803.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23867622/>
- [33] Hanssen MJ, et al. Short-term cold acclimation improves insulin sensitivity in patients with type 2 diabetes mellitus. *Nature medicine*. 2015. PMID 26147760. DOI 10.1038/nm.3891.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26147760/>
- [34] Becher T, et al. Brown adipose tissue is associated with cardiometabolic health. *Nature medicine*. 2021. PMID 33398160. DOI 10.1038/s41591-020-1126-7.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33398160/>
- [35] Peretti D, et al. RBM3 mediates structural plasticity and protective effects of cooling in neurodegeneration. *Nature*. 2015. PMID 25607368. DOI 10.1038/nature14142.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25607368/>
- [36] Falla M, et al. The Effect of Cold Exposure on Cognitive Performance in Healthy Adults: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*. 2021. PMID 34574649. DOI 10.3390/ijerph18189725.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34574649/>
- [37] Kralova Lesna I, et al. Could human cold adaptation decrease the risk of cardiovascular disease? *Journal of thermal biology*. 2015. PMID 26267514. DOI 10.1016/j.jtherbio.2015.07.007.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26267514/>
- [38] Eglin CM, et al. Previous recreational cold exposure does not alter endothelial function or sensory thermal thresholds in the hands or feet. *Experimental physiology*. 2021. PMID 32394510. DOI 10.1113/ep088555.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32394510/>
- [39] Tóth Š, et al. Effect of repeatedly applied cold water immersion on subclinical atherosclerosis, inflammation, fat accumulation and lipid profile parameters of volunteers 2024. DOI 10.1007/s00508-023-02246-9.
<https://doi.org/10.1007/s00508-023-02246-9>
- [40] Teległów A, et al. Effect of regular winter swimming on blood morphological, rheological, and biochemical indicators and activity of antioxidant enzymes in males 2024. DOI 10.1186/s13102-024-00932-3.
<https://doi.org/10.1186/s13102-024-00932-3>
- [41] Gasparrini A, et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet (London, England)*. 2015. PMID 26003380. DOI 10.1016/s0140-6736(14)62114-0.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26003380/>
- [42] Bhaskaran K, et al. Short term effects of temperature on risk of myocardial infarction in England and Wales: time series regression analysis of the Myocardial Ischaemia National Audit Project (MINAP) registry. *BMJ (Clinical research ed.)*. 2010. PMID 20699305. DOI 10.1136/bmj.c3823.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20699305/>
- [43] Analitis A, et al. Effects of cold weather on mortality: results from 15 European cities within the PHEWE project. *American journal of epidemiology*. 2008. PMID 18952849. DOI 10.1093/aje/kwn266.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18952849/>
- [44] Lee P, et al. Temperature-acclimated brown adipose tissue modulates insulin sensitivity in humans. *Diabetes*. 2014. PMID 24954193. DOI 10.2337/db14-0513.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24954193/>
- [45] Blondin DP, et al. Four-week cold acclimation in adult humans shifts uncoupling thermogenesis from skeletal muscles to brown adipose tissue. *The Journal of physiology*. 2017. PMID 28025824. DOI 10.1113/jp273395.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28025824/>
- [46] Yankouskaya A, et al. Short-Term Head-Out Whole-Body Cold-Water Immersion Facilitates Positive Affect and Increases Interaction between Large-Scale Brain Networks. *Biology*. 2023. PMID 36829490. DOI 10.3390/biology12020211.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36829490/>
- [47] Reed EL, et al. Cardiovascular and mood responses to an acute bout of cold water immersion. *Journal of thermal biology*. 2023. PMID 37866096. DOI 10.1016/j.jtherbio.2023.103727.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37866096/>

- [48] Doets JJR, et al. A systematic review and meta-analysis of the effect of whole body cryotherapy on mental health problems. *Complementary therapies in medicine*. 2021. PMID 34655758. DOI 10.1016/j.ctim.2021.102783. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34655758/>
- [49] Roberts LA, et al. Post-exercise cold water immersion attenuates acute anabolic signalling and long-term adaptations in muscle to strength training. *The Journal of physiology*. 2015. PMID 26174323. DOI 10.1113/jp270570. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26174323/>
- [50] Malta ES, et al. The Effects of Regular Cold-Water Immersion Use on Training-Induced Changes in Strength and Endurance Performance: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. 2021. PMID 33146851. DOI 10.1007/s40279-020-01362-0. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33146851/>
- [51] Piñero A, et al. Throwing cold water on muscle growth: A systematic review with meta-analysis of the effects of postexercise cold water immersion on resistance training-induced hypertrophy 2024. DOI 10.1002/ejsc.12074. <https://doi.org/10.1002/ejsc.12074>
- [52] Fuchs CJ, et al. Postexercise cooling impairs muscle protein synthesis rates in recreational athletes. *The Journal of physiology*. 2020. PMID 31788800. DOI 10.1113/jp278996. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31788800/>
- [53] Yamane M, et al. Post-exercise leg and forearm flexor muscle cooling in humans attenuates endurance and resistance training effects on muscle performance and on circulatory adaptation. *European journal of applied physiology*. 2006. PMID 16372177. DOI 10.1007/s00421-005-0095-3. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16372177/>
- [54] Broatch JR, et al. Postexercise cold water immersion benefits are not greater than the placebo effect. *Medicine and science in sports and exercise*. 2014. PMID 24674975. DOI 10.1249/mss.0000000000000348. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24674975/>
- [55] Machado AF, et al. Can Water Temperature and Immersion Time Influence the Effect of Cold Water Immersion on Muscle Soreness? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. 2016. PMID 26581833. DOI 10.1007/s40279-015-0431-7. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26581833/>
- [56] Moore E, et al. Effects of Cold-Water Immersion Compared with Other Recovery Modalities on Athletic Performance Following Acute Strenuous Exercise in Physically Active Participants: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. 2023. PMID 36527593. DOI 10.1007/s40279-022-01800-1. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36527593/>
- [57] Choo HC, et al. The effect of cold water immersion on the recovery of physical performance revisited: A systematic review with meta-analysis. *Journal of sports sciences*. 2022. PMID 36862831. DOI 10.1080/02640414.2023.2178872. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36862831/>
- [58] Batista NP, et al. What Parameters Influence the Effect of Cold-Water Immersion on Muscle Soreness? An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*. 2023. PMID 36399666. DOI 10.1097/jsm.0000000000001081. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36399666/>
- [59] Poppendieck W, et al. Cooling and performance recovery of trained athletes: a meta-analytical review. *International journal of sports physiology and performance*. 2013. PMID 23434565. DOI 10.1123/ijsp.8.3.227. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23434565/>
- [60] Leeder J, et al. Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. *British journal of sports medicine*. 2012. PMID 21947816. DOI 10.1136/bjsports-2011-090061. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21947816/>
- [61] Rivera J, et al. The effect of cryotherapy on fibromyalgia: a randomised clinical trial carried out in a cryosauna cabin. *Rheumatology international*. 2018. PMID 30353267. DOI 10.1007/s00296-018-4176-0. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30353267/>
- [62] Giesbrecht GG, et al. Cold stress, near drowning and accidental hypothermia: a review. *Aviation, space, and environmental medicine*. 2000. PMID 10902937. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10902937/>

[63] Imray C, et al. Cold damage to the extremities: frostbite and non-freezing cold injuries. Postgraduate medical journal. 2009. PMID 19734516. DOI 10.1136/pgmj.2008.068635.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19734516/>

[64] Diaz VL, et al. Cold Urticaria Syndromes: Diagnosis and Management. The journal of allergy and clinical immunology. In practice. 2023. PMID 37290539. DOI 10.1016/j.jaip.2023.05.040.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37290539/>

[65] Hochstadter EF, et al. Cold-induced urticaria: challenges in diagnosis and management. BMJ case reports. 2013. PMID 23839613. DOI 10.1136/bcr-2013-010441.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23839613/>

[66] Faivre-Rampant V, et al. Cardiac electrical and functional activity following an outdoor cold-water swimming event 2024. DOI 10.1016/j.jtherbio.2024.103996.
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2024.103996>

[67] Knechtle B, et al. Cold Water Swimming-Benefits and Risks: A Narrative Review. International journal of environmental research and public health. 2020. PMID 33276648. DOI 10.3390/ijerph17238984.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33276648/>

[68] Versey NG, et al. Water immersion recovery for athletes: effect on exercise performance and practical recommendations. Sports medicine (Auckland, N.Z.). 2013. PMID 23743793. DOI 10.1007/s40279-013-0063-8.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23743793/>

Dokument vygenerován automaticky na základě analýzy vědecké literatury. Verze 1.05 | 2026-05-18 | Deep Research