

**UNIVERZITA KARLOVA**

**3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**

Interní klinika 3. LF UK a FNKV



**Veronika Bartošová**

**Výskyt, příčiny a možnosti prevence sideropenické  
anémie u vytrvalostních běžců**

*Prevalence, causes, and prevention strategies of iron-  
deficiency anemia in endurance runners*

*Bakalářská práce*

*KVĚTEN 2024*

**Autor práce:** Veronika Bartošová

**Studijní program:** Nutriční terapie

**Vedoucí práce:** MUDr. Bc. Kateřina Koudelková

**Pracoviště vedoucího práce:** Interní klinika 3. LF UK a FNKV

**Předpokládaný termín obhajoby:** červen 2024

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci vypracovala samostatně a použila výhradně uvedené citované prameny, literaturu a další odborné zdroje. Současně dávám svolení k tomu, aby má bakalářská práce byla používána ke studijním účelům.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací. Potvrzuji, že tištěná i elektronická verze v Studijním informačním systému UK je totožná.

V Praze dne 29.5.2024

Veronika Bartošová

## **Poděkování**

V první řadě bych chtěla poděkovat paní doktorce MUDr. Bc. Kateřině Koudelkové za vstřícnost, trpělivost a cenné rady při vedení této práce. Dále děkuji všem běžcům, kteří vyplnili dotazník, jenž byl součástí praktické části práce.

# Abstrakt

**Cíl:** Cílem této práce bylo zjistit výskyt, rizikové faktory vzniku a možnosti prevence sideropenické anémie a deficitu železa u vytrvalostních běžců.

**Metodika:** Anonymní dotazníkové šetření vyplnilo 61 sportovců, z nichž většinu (93,4 %) tvořili běžci na střední a dlouhé tratě převážně výkonnostní neprofesionální úrovně. Muži tvořili 52,5 % (n=32) souboru a ženy 47,5 % (n=29). Průměrný věk byl 29,23 ( $\pm$ 12,26) let. Online dotazník byl vytvořen pomocí Formulářů Google a rozeslán prostřednictvím sociálních sítí.

**Výsledky:** Alespoň jednu epizodu laboratorně potvrzeného deficitu železa (ID) zaznamenalo během svého života 39,34 % respondentů. Sideropenická anémie byla diagnostikována u 17,75 % běžců. Preparáty s obsahem Fe užívá 48,98 % respondentů. Silnější menstruaci uváděly častěji ženy s ID oproti skupině bez ID, avšak rozdíl nebyl statisticky významný ( $p=0,21$ ). Signifikantně vyšší týdenní kilometráž byla prokázána ve skupině s ID oproti skupině bez ID u žen ( $p=0,0145$ ), nikoliv však u mužů ( $p=0,4299$ ). Žádnou potravinu bohatou na železo nekonzumovali respondenti s ID méně často, než respondenti bez ID. Konzumace černého a zeleného čaje nebyla v žádné ze skupin významně častější. Kávu pili oproti očekávání častěji respondenti bez ID. Černý, zelený čaj a kávu konzumuje častěji s jídlem skupina s ID, avšak rozdíl není statisticky signifikantní ( $p=0,0655$ ).

**Závěr:** Deficit železa je mezi běžci poměrně častým problémem, který ve většině případů vede ke zhoršení sportovního výkonu. Možnou příčinou ID se jeví vyšší kilometráž (avšak pouze u žen). Ostatní faktory se neukázaly být rizikovými pro vznik ID.

**Klíčová slova:** deplece železa, deficit železa, běžecká anémie, sportovní anémie

# Abstract

**Aim:** The aim of this questionnaire survey was to investigate the prevalence, risk factors and prevention strategies of iron-deficiency anaemia and iron deficiency in endurance runners.

**Methodology:** An anonymous questionnaire survey was completed by 61 athletes, the majority of whom (93.4 %) were middle and long distance runners of mainly non-professional performance level. Men comprised 52.5 % (n=32) of the sample and women 47.5 % (n=29). The mean age was 29.23 ( $\pm$ 12.26) years. The online questionnaire was created using Google Forms and distributed via social media.

**Results:** At least one episode of laboratory-confirmed iron deficiency (ID) was experienced by 39.34 % of the respondents during their lifetime. 14.75 % of the runners were diagnosed with iron-deficiency anemia. Fe-containing supplements were taken by 48.98 % of the respondents. Heavier menstruation was reported more frequently by women with ID compared to the group without ID, but the difference was not statistically significant ( $p=0.21$ ). Significantly higher weekly mileage was demonstrated in the group with ID compared to the group without ID in women ( $p=0.0145$ ), but not in men ( $p=0.4299$ ). No Fe-rich food was consumed less frequently by respondents with ID than by respondents without ID. Neither group drank black or green tea significantly more often. Coffee was drunk surprisingly more often by respondents without ID. Black tea, green tea and coffee were consumed more often with meals by the group with ID, but the difference was not statistically significant ( $p=0.0655$ ).

**Conclusions:** Iron deficiency is a relatively common problem among runners, which in most cases leads to impaired athletic performance. Higher mileage seems to be a possible cause of ID (but only in women). Other factors have not been shown to be risk factors for the development of ID.

**Key words:** iron depletion, iron deficiency, runners anemia, sports anemia

# Obsah

1. Úvod .....	9
2. Teoretická část .....	11
2.1 Železo .....	11
2.1.1 Denní doporučené dávky železa .....	11
2.1.2 Železo hemové a nehemové .....	11
2.1.3 Metabolismus železa .....	12
2.1.4 Vstřebatelnost železa a faktory, které ji ovlivňují .....	17
2.1.5 Zdroje železa v potravinách .....	18
2.1.6 Anémie .....	19
2.1.7 Sideropenická anémie (anémie z nedostatku železa) .....	19
2.1.8 Nadbytek železa .....	21
2.2 Sideropenická anémie u vytrvalostních běžců .....	22
2.2.1 Sporty s vysokou prevalencí deficitu železa .....	22
2.2.2 Příčiny a rizikové faktory vzniku deficitu železa u vytrvalostních běžců .....	22
2.2.3 Další faktory ovlivňující metabolismus železa .....	26
2.2.4 Pseudoanémie .....	28
2.2.5 Screening sportovců .....	28
2.2.6 Trénink .....	30
2.2.7 Suplementace .....	30
3. Praktická část .....	35
3.1 Cíl práce .....	35
3.2 Výzkumné otázky .....	35
3.3 Metodika .....	35
3.3.1 Charakteristika souboru .....	36
3.4 Výsledky .....	36
3.4.1 Výskyt ID a IDA .....	36
3.4.2 Suplementace .....	37
3.4.3 Menstruace .....	37
3.4.4 Symptomy ID .....	38
3.4.5 Kilometráž .....	38
3.4.6 Konzumace potravin bohatých na Fe .....	39
3.4.7 Konzumace nápojů inhibujících absorpci železa .....	39
4. Diskuze .....	41

4.1	Výskyt ID a IDA u vytrvalostních běžců.....	41
4.2	Suplementace .....	42
4.3	Menstruace .....	42
4.4	Kilometráž.....	42
4.5	Konzumace potravin bohatých na železo.....	43
4.6	Konzumace nápojů inhibujících absorpci železa .....	44
4.7	Limitace šetření.....	45
5.	Závěr.....	45
	Referenční seznam.....	46
	Seznam používaných zkratk.....	56
	Seznam obrázků.....	57
	Seznam tabulek.....	57
	Seznam Grafů .....	57
	Přílohy.....	58



# 1. Úvod

Sideropenická anémie je celosvětově jedním z nejrozšířenějších onemocnění. Jedná se o stav, kdy se v důsledku deplece železa nemůže tvořit dostatečné množství krevního barviva hemoglobinu, jehož součástí je železo. Pokud se nevytvoří dostatek hemoglobinu, nově vznikající erytrocyty jsou malé (mikrocitární, hypochromní) a netvoří se v dostatečném množství. Tím klesá kapacita pro přenos kyslíku do tkání.

Sideropenická anémie se může rozvinout z různých příčin takřka u kohokoli. Specifickou rizikovou skupinou pro vznik deplece železa a sideropenické anémie jsou sportovci, zejména vytrvalostní běžci. Faktorů, které vedou k depleci železa u vytrvalostních běžců, je hned několik. Například zvýšené hladiny hepcidinu po fyzické zátěži (a tím snížená absorpce železa), pohybem a nárazy indukovaná hemolýza a hematurie či snížený příjem potravy v důsledku nátlaku na udržení nízké hmotnosti. Avšak stále není zcela známo, jaký z těchto faktorů má největší podíl na vzniku deplece železa.

Symptomy doprovázející sideropenickou anémii jsou nespecifické. Mezi nejtypičtější symptomy patří bolesti hlavy, nadměrná únava, zadýchávání nebo zhoršený sportovní výkon. Pokud jsou symptomy závažnější, mohou poměrně výrazně snižovat sportovcovu kvalitu života, ba dokonce těžká anémie, která není léčena, může způsobovat i závažné zdravotní komplikace. Proto je dobré anémii předcházet a diagnostikovat v časně fázi deplece železa, kdy jsou hodnoty hemoglobinu stále v normě. Pokud je anémie zachycena v rané fázi, bývá léčba jednodušší a rychlejší. Z tohoto důvodu je vhodné, aby si vytrvalostní běžci jakožto riziková skupina nechávali pravidelně vyšetřit nejen krevní obraz, ale i hodnoty sérového a zásobního železa a také hodnoty transferinu a jeho saturaci. Bohužel se tak děje zpravidla jen u profesionálních a semi-profesionálních běžců, tudíž u velké části běžců dochází ke zjištění deplece železa až ve stádiích těžkého deficitu a již s rozvinutou anémií.

Kromě správné a časně diagnostiky je v prevenci sideropenické anémie zásadní také vhodná strava. Důležité je pochopitelně adekvátní množství přijatého železa, ale také s jakými dalšími složkami výživy jsou potraviny bohaté na železo současně podávány a v neposlední řadě načasování jídel vzhledem k tréninku.

Téma své bakalářské práce „Výskyt, příčiny a možnosti prevence sideropenické anémie u vytrvalostních běžců“ jsem si vybrala, jelikož jsem sama běžec a opakovaně trpím

sideropenickou anémií, přičemž ve svém okolí pozoruji, že se jedná mezi vytrvalostními běžci o častý zdravotní problém, který se mnohdy nedaří zaléčit, nebo se opakovaně vrací.

Ve většině případů spočívá léčba a prevence sideropenické anémie u běžců v dostatečném příjmu železa ve stravě, nebo farmakologické intervenci, avšak jen málokdy jsou běžci poučeni o dalších možných režimových opatřeních, jako je zlepšení vstřebatelnosti železa ze stravy, či úprava tréninkové zátěže. Ve své práci se proto věnuji i těmto možnostem prevence a léčby sideropenické anémie.

## 2. Teoretická část

### 2.1 Železo

Železo, chemickou zkratkou Fe, latinsky Ferrum, je pro organismus nepostradatelný mikronutrient. V těle máme 3-5 gramů železa (Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně 2020). Jakožto přechodný kov se vyskytuje v několika oxidačních číslech a mezi jednotlivými oxidačními stavy může snadno přecházet, nejčastěji se však vyskytuje ve dvojmocné a trojmocné formě. V jiných oxidačních číslech nacházíme železo například v některých enzymech. Největší podíl železa v těle máme uskladněno v hemoglobinu, dále se vyskytuje v myoglobinu, feritinu, transferinu, hemosiderinu, cytochromech a enzymech. (Novotný Jan 2007)

#### 2.1.1 Denní doporučené dávky železa

Přesné doporučené denní dávky se liší u jednotlivých skupin obyvatel liší. Rozdílné jsou v závislosti na pohlaví, věku, graviditě, laktaci, či přítomných onemocněních. Liší se i doporučené dávky mezi jednotlivými zdroji.

Dle EFSA (Anon. 2019a) jsou PRI (dávka zabezpečující potřebu 97 % dané populace) následující. Pro dospělé muže je tato dávka 11 mg, stejná hodnota platí pro ženy po menopauze. Pro menstrující ženy je doporučená dávka vzhledem k pravidelným krevním ztrátám vyšší, a to 16 mg. Totožné množství je doporučováno kojícím ženám. 16 mg je taktéž doporučováno těhotným ženám, avšak mnohdy je příjem železa ještě potřeba navýšit vzhledem k růstu plodu a masivní erytropoéze. U kojenců od 7 měsíců do 1 roku je doporučená dávka 11 mg. Do věku půl roku se potřeba neřeší, protože mají stále zásoby z prenatálního období a jinou stravu, než je mateřské mléko by neměli přijímat. U dětí do 6 let postačí dávka 7 mg, mezi 7. a 11. rokem života je doporučená dávka 11 mg a od 12 do 17 let 13 mg.

#### 2.1.2 Železo hemové a nehemové

Železo přijímáme v hemové nebo nehemové formě. Hem je nebílkovinná (prostetická) složka hemoproteinů. Jednotlivé hemoproteiny mají odlišnou funkci. Hemoglobin a myoglobin přenášejí a skladují O<sub>2</sub>, cytochromy dýchacího řetězce přenášejí elektrony, nebo například cytochromy P450 se podílí na metabolismu xenobiotik, hemoproteiny

jsou součástí také řady enzymů. Dietární zdroj železa pro nás představuje hemoglobin a myoglobin. Zatímco hemoglobin přenáší kyslík z plic krví do tkání, myoglobin se nachází v kosterním a srdečním svalstvu. Oproti hemoglobinu má však pouze jednu hemovou skupinu a jeho afinita ke kyslíku je vyšší než u hemoglobinu. (Vanek a Kohli 2024)

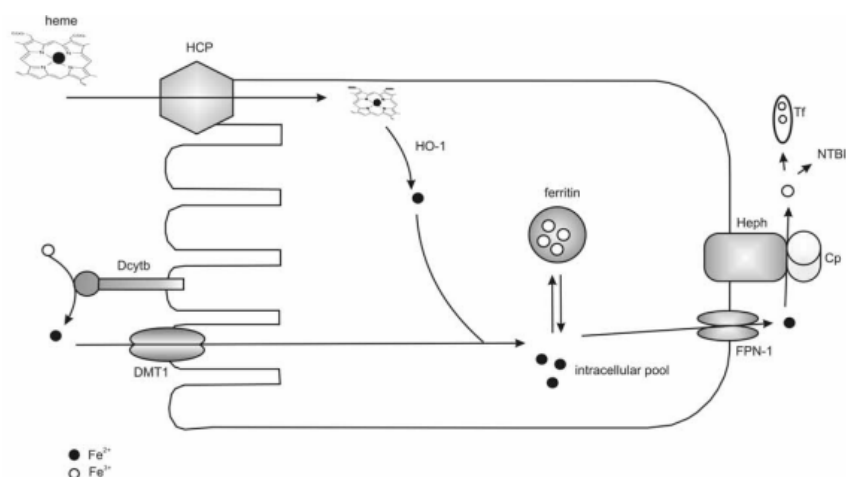
Hemově vázané železo vykazuje výrazně lepší vstřebatelnost. Vstřebatelnost hemového železa se pohybuje okolo 25-30 %, nehemového jen 1-10 % (Skolmowska a Głąbska 2019). Vstřebatelnost nehemového železa je podstatně variabilnější a více závisí na současně přijímané stravě. Hemové železo nalezneme v mase. Obsah hemového železa se v mase pohybuje okolo 40 % (v závislosti na druhu masa) (Kongkachuichai et al. 2002). Tudíž bývá větší část tvořena železem nehemovým. Nehemové železo je také obsaženo v potravinách rostlinného původu a vejcích.

### **2.1.3 Metabolismus železa**

#### ***2.1.3.1 Vstřebávání***

Ke vstřebávání železa do enterocytu dochází převážně v duodenu. Nehemové železo, které se ve většině případů vyskytuje v oxidačním čísle +III, méně často +II, pouze v některých enzymech bylo nalezeno železo v oxidačním stavu +IV. Železo v uměle připravených sloučeninách může být v oxidačním stavu -II až +VI (Lavríková Petra et al. 2024). Aby mohlo být  $\text{Fe}^{3+}$  vstřebáno, musí být nejprve zredukováno na  $\text{Fe}^{2+}$ . Redukci zajišťuje žaludeční kyselina, nebo kyseliny přijímané v potravě (vitamín c, kyselina citrónová atd). Redukci zajišťuje také duodenální cytochrom b (Dcytb, feroreduktasa). Po redukci je vstřebáno do enterocytu transportérem DMT1 (divalent metal transportér). Avšak DMT1 je nescifickým transportérem, který přenáší i jiné dvojmocné kovy (například  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ), se kterými musí železo "soupeřit" o přenos. Hem obsahující ve své molekule  $\text{Fe}^{2+}$  je vstřebáván pomocí jiného transportéru a to HCP (heme carrier protein). Po vstupu do enterocytu dojde k degradaci hemu hemoxygenázou 1. (Coleman 2019) (Yanatori a Kishi 2019)

Železo může v buňce zůstat navázané na buněčný feritin jakožto intracelulární pool, nebo být přemístěno do krevního řečiště exportérem zvaným ferroportin (FPN-1). Železo je ferroportinem přenášeno ve dvojmocném stavu, ale ihned poté co se dostane do krve, je zoxidováno hefestinem (membránový homolog ceruloplasminu) na  $\text{Fe}^{3+}$ , které je následně navázané na transferrin (Tf). (Coleman 2019)



Obrázek 1: Rozdíl ve vstřebávání hemového a nehemového železa (Coleman 2019)

### 2.1.3.2 Uskladnění železa

Železo je v organismu skladováno navázané na protein feritin. Feritin se nachází v buňkách, především v játrech, slezině a kostní dřeni, ale malá část je uvolňována i do krve. Hladiny feritinu v séru jsou dobrým ukazatelem zásob železa v organismu. Jedna molekula feritinu obsahuje zhruba 2000-5000 atomů železa. Takto uskladněné železo je nereaktivní, a tudíž nezpůsobuje oxidační stres. Dvojmocné železo přestupuje přes proteinovou obálku složenou z 24 podjednotek feritinu a zabudovává se do minerálu ferrihydrid, který je touto obálkou obklopen. Rozlišujeme 2 typy feritinových podjednotek, L a H (light/heavy chain). H podjednotka slouží k oxidaci dvojmocného železa při průchodu obálkou na trojmocné. Avšak molekuly feritinu nejsou totožné. Liší se v závislosti na lokalizaci v buňce a v jednotlivých orgánech. Podle poměru H a L podjednotek se mění metabolismus feritinu. (Coleman 2019)

Další zásobní formou je hemosiderin, jenž váže přebytečné železo. Vzniká agregací denaturovaných molekul feritinu. Vyskytuje se ve tkáních, kde došlo k akutnímu krvácení. Hefestin v nich sbírá železo, které bylo uvolněno při hemolýze erytrocytů (Štefánek Jiří 2011).

### 2.1.3.3 Transport železa

Železo je v krevním řečišti přenášeno transferinem. Jedna molekula transferinu na sebe váže dva ionty  $\text{Fe}^{3+}$ . Do buňky se transferin společně s železem dostane díky transferinovým receptorům (TfR), které se nacházejí na buněčných membránách a jsou regulovány proteinem HFE (hemochromatosis protein). Endocytózou je transferin

pohlčen a po vstupu do buňky vzniká intracelulární váček. Aby bylo Fe z transferinu uvolněno, musí dojít ke snížení pH pod 7, a to prostřednictvím protonové pumpy. Poté může být železo již využito buňkou a komplex Tf-TfR je recyklován. Transferin se vrací do krve a TfR je opět vystaven na povrchu buňky. (Lavríková Petra a Fontana Josef 2024)

#### **2.1.3.4 Recyklace železa uskladněného v erythrocytech**

Přibližně po 120 dnech od vzniku erythrocytu, nebo pokud je poškozen, dochází k jeho degradaci makrofágem, kterým je erythrocyt pohlčen. Z erythrocytu se uvolní hemoglobin, jenž je degradován na hem a globin. Z hemu se za uvolňuje železo (za pomoci hemoxygenázy), které je poté součástí intracelulárního poolu železa. Poté se naváže na buněčný feritin, nebo může opět cirkulovat po přenosu prostřednictvím FPN-1. (Coleman 2019)

Pokud dochází k degradaci erythrocytu intravaskulárně, na hemoglobin uvolněný z erythrocytu se naváže plazmatický protein haptoglobin. Volný hemoglobin by z těla unikl společně s močí, ale takto vzniklý komplex je dostatečně velký na to, aby k těmto ztrátám nedocházelo. Komplex hemoglobin-haptoglobin je rovněž pohlčen retikulo-endotelovým systémem. Vstup do buňky zajišťuje receptor CD 136. Uvolnění železa z hemu opět zajistí hemoxygenáza. (Coleman 2019)

#### **2.1.3.5 Erythropoéza**

Erythropoéza je děj, při kterém vznikají erythrocyty. Prvním vývojovým stádiem je proerythroblast, poté erythroblast, retikulocyt, až nakonec vzniká erythrocyt. Zralý erythrocyt má již dostatečné množství hemoglobinu. Je bezjaderný a jeho povrch je dostatečně velký pro přenos krevních plynů. Pro erythropoézu je zapotřebí velkého množství železa, proto je na povrchu vývojových stádiích erythrocytů přítomno hodně TfR. Železo se do hemového kruhu navazuje konkrétně v mitochondriích. Z nutrientů je zásadní přítomnost také vitamínu B12, kyseliny listové. Avšak pro erythropoézu je nezbytná přítomnost řady dalších faktorů jako je hormon erythropoetin, nebo IL-3, IL-4, které erythropoézu regulují. (Šajdíková Martina, Fontana Josef) (Lavríková Petra a Fontana Josef 2024)

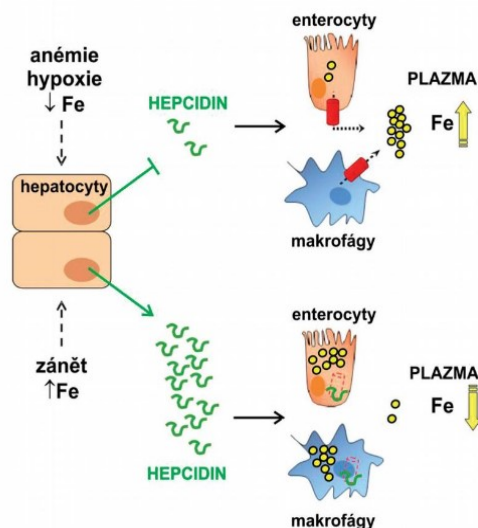
### **2.1.3.6 Regulace metabolismu železa**

Protože tělo nemá regulovatelný mechanismus, jak se přebytečného železa zbavit, musí s ním velmi pečlivě hospodařit, aby nedošlo k jeho nedostatku, ani nadbytku, jelikož oba stavy mohou být nebezpečné.

Hlavní úlohu v regulaci metabolismu železa na buněčné úrovni mají IRPs (iron responsive proteins) a IREs (iron responsive elements). IREs jsou lokalizovány na netranslatovaných úsecích mRNA kódujících proteiny účastníci se metabolismu železa (např feritin). Pokud je železa nedostatek, IRPs se naváží na IREs a následně dojde k ovlivnění translatovaných úseků mRNA a změní se tak produkce proteinů. Např u feritinu dojde k inhibici jeho produkce, pokud je Fe nedostatek, protože by se na vzniklý feritin nemělo co navázat, a tudíž by bylo zbytečné, aby se další produkoval. Naopak při vysokých koncentracích Fe je stejným mechanismem podporována produkce těchto proteinů. (Coleman 2019)

Na úrovni organismu má významnou funkci hepcidin. Jedná se o peptidový hormon, který je syntetizován převážně v játrech, ale také například v makrofázích, nebo adipocytech. Vyplavuje se při zvýšených koncentracích železa, ale také při produkci IL-6. Hladiny IL-6 se zvyšují při zánětu, nebo některých infekcích, a to z důvodu omezení přístupu železa pro růst bakterií. V neposlední řadě je exprese hepcidinu ovlivněna erytropoézou. Při zvýšené erytropoéze je vyšší potřeba železa, a tudíž klesá produkce hepcidinu.

Hepcidin se váže na ferroprotein, a tím způsobí jeho fosforylaci a následnou degradaci. Železo se proto uvolňuje méně do krve a méně se vstřebává ve střevě. Kromě regulace hladiny železa také brání organismus před infekcemi. Při infekcích a zánětech je hladina hepcidinu taktéž zvýšena. (Bělohávková Petra 2011)



Obrázek 2: regulace metabolismu železa, působení hepcidinu (Horváthová Monika a Pospíšilová Dagmar 2010)

### 2.1.3.7 Poruchy metabolismu železa

Vrozené poruchy metabolismu železa projevující se jeho zvýšenou, méně často sníženou hladinou jsou způsobeny defektem některých z proteinů regulační kaskády železa.

Hemochromatóza je skupina onemocnění, která se projevují zvýšenými hladinami železa v těle. Existuje několik typů vrozených hemochromatóz. Hemochromatózy 1., 2., a 3. typu jsou děděny autosomálně recesivně. Nedochází k dostatečné syntéze hepcidinu a tím pádem velkému uvolňování železa enterocyty a makrofágy. Hemochromatóza 4. typu se liší. Dědičnost je autosomálně dominantní a defektním proteinem je ferroportin. Jednotlivé podtypy se mohou projevovat klinicky odlišně.

Anémie z nedostatku železa jsou v drtivé většině případů získané, ale existují i vrozené poruchy metabolismu železa. Většina z nich je velmi vzácná. Stejně jako u hemochromatóz může být nedostatek železa způsoben hepcidinem, ovšem naopak jeho nadprodukcí a následně nízkým uvolňováním hepatocyty a makrofágy. Mezi nemoci, při kterých jsou zvýšené hladiny hepcidinu patří například IRIDA (iron refractory iron deficiency anemia). IRIDA je autosomálně recesivní onemocnění. Pacienti s IRIDA nereagují na perorální podávaná léčiva se železem, o něco lépe reagují na železo podávané intravenózně. (Horváthová Monika a Pospíšilová Dagmar 2010)



#### **2.1.4 Vstřebatelnost železa a faktory, které ji ovlivňují**

Množství vstřebaného železa je silně ovlivněno mnoha faktory, nejen formou železa (hemové/nehemové), ale také dalšími složkami potravy, kyselostí žaludečních šťáv, či obsahem železa v samotném organismu. Člověk s deficitem železa bude železo z potravy vstřebávat efektivněji než ten, který ho má v těle dostatek.

Vstřebatelnost nehemového železa zvyšuje vitamín C, či jiné kyseliny, například kyselina jablečná. Kyselé prostředí totiž umožňuje redukci trojmocného železa na dvojmocné, které následně může být vstřebáno. Vstřebatelnost hemového i nehemového železa se také zvyšuje při přítomnosti některých aminokyselin obsažených v masě anebo vitamínem A. Vitamín A zároveň napomáhá v případě potřeby uvolňovat železo ze zásob v organismu. (Verena Tan 2022)

V Naopak současný příjem s jinými dvojmocnými kovy ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ...), kyselinou fytoovou, fenolickými sloučeninami, nebo s velkým množstvím vlákniny může absorpci železa výrazně snížit.

Dvojmocné kovy soutěží se železem o stejný přenašeč, zvaný divalent metal transporter (dmt), tudíž při současném příjmu navzájem ovlivňují svoji vstřebatelnost (Yanatori a Kishi 2019). Potravinami bohatými na vápník jsou například mléčné výrobky, tofu vysrážené vápenatými solemi, brukev čínská (bok choy), brokolice, kapusta, mandle a mnoho dalších potravin. Ostatní dvojmocné kovy jsou ve vysokém množství obsaženy zejména v potravinových doplncích, a proto železo v doplncích stravy obsahující současně tyto minerální látky vykazuje nízkou vstřebatelnost.

Kyselina fytoová, nazývána také fytát, je sloučenina vyskytující se v rostlinných zdrojích, a to jak v obilovinách, ořechách, semenech i luštěninách. Kyselina fytoová snižuje vstřebatelnost nejen železa, ale i jiných nutrientů, například vápníku, nebo zinku. Tvoří s nimi nerozpustné komplexy a tím zabraňuje jejich vstřebávání. Obsah kyseliny fytoové v jednotlivých potravinách je velmi variabilní. Například obsah kyseliny fytoové v mandlích se může lišit až dvacetinásobně. Množství kyseliny můžeme redukovat namáčením, klíčením a fermentací. Kyselina fytoová má však současně i pozitivní vliv, především ochrana proti oxidačnímu stresu (Schlemmer et al. 2009).

Fenolické sloučeniny zahrnují velkou škálu rostlinných látek, které mohou inhibovat absorpci železa. Avšak každá sloučenina vykazuje rozdílně velký inhibiční efekt.

Například přidáním kyseliny tříslové se absorpce snížila až o od 20 do 88 % závisle na přidaném množství této kyseliny. Podobný efekt vykazovala i kyselina gallová. Naopak jiné fenolické sloučeniny mají na absorpci železa jen malý, nebo žádný vliv (Brune et al. 1989). Mezi potraviny obsahující fenolické sloučeniny, které snižují vstřebatelnost železa patří obiloviny, některé druhy zeleniny (např špenát), bylin a koření (oregano, skořice), červené víno, kakao, káva, nebo čaj (Zijp et al. 2000). Důvodem proč by lidé s rizikem deficitu železa neměli pít čaj a kávu při současné konzumaci pokrmů bohatých na železo není obsah kofeinu, ale obsah fenolických sloučenin. Samotný kofein se váže jen asi na 6 % železa, tudíž jeho absorpci ovlivní jen málo (Kolayli Sevgi et al. 2004).

Dle (Ahmad Fuzi et al. 2017) je inhibiční účinek černého čaje konzumovaného hodinu po jídle s obsahem nehemového železa  $\geq 1,6$  x nižší, než pokud je černý čaj konzumován přímo s ním.

Avšak vztah mezi mírou konzumace černého, zeleného či bylinkového čaje a deficitem železa prokázán nebyl (Hogenkamp et al. 2008) (Mennen et al. 2007a). Rozdílný dopad však může mít konzumace černého čaje na status železa u osob, které jsou již z jiného důvodu v riziku deplece železa (Temme a Van Hoydonck 2002).

### **2.1.5 Zdroje železa v potravinách**

Velmi bohatým zdrojem dobře vstřebatelného železa jsou vnitřnosti, především játra. Obsah železa ve 100 g syrových jater se pohybuje okolo 5-15 mg v závislosti na druhu zvířete. Dle českého zdroje Nutridatabáze (Anon. 2020) je nejvyšší obsah železa ve 100 g syrových jater v játrech vepřových (15,3 mg), v hovězích játrech 8,4 mg a v játrech kuřecích 6,7 mg. Množství železa se liší i dle jednotlivých pramenů, pravděpodobně v důsledku rozdílného místa chovu. Například v analýze prováděné v Thajsku bylo naměřeno 9,9 mg/100 g v kuřecích játrech za syrového stavu, což je vyšší hodnota, než uvádí výše zmíněný zdroj, a naopak ve vepřových játrech bylo detekováno železa méně (12,3 mg) (Kongkachuichai et al. 2002).

Maso obecně je bohatým zdrojem železa. Vysoký obsah železa má maso hovězí a králičí (cca 2,1 mg/100 g syrového masa) (Anon. 2020). Avšak dobrým zdrojem jsou i jiné druhy masa, např krůtí, či maso z tuňáka nebo lososa, které může obsahovat přes 1 mg Fe/100 g. Vhodný zdroj představují také mušle a ústřice. Obecně lze říci, že na „červené“ maso je

bohatším zdrojem Fe, než maso „bílé“. Důvodem je vyšší obsah myoglobinu v „červeném mase“.

Vysoký obsah železa mají i některé rostlinné zdroje, ale vzhledem k obsahu výhradně nehemového železa a obsahu antinutričních látek je vstřebatelnost nižší. Avšak i mezi rostlinnými zdroji se vstřebatelnost značně liší v závislosti na dalších obsažených látkách. Velmi dobrým zdrojem jsou luštěniny. Obsah železa v luštěninách se pohybuje okolo 5 mg/10 (Anon. 2019b). Některé druhy mohou mít obsah Fe i o něco vyšší, například čočka velkozrnná, či fazole mungo.

### **2.1.6 Anémie**

Anémie neboli chudokrevnost je stav snížené koncentrace hemoglobinu. Normální hodnoty jsou 130-175 g/l u mužů a 120-160 g/l u žen (Juráňová J. et al. 2021). Společně s koncentrací hemoglobinu se snižuje i hematokrit. Erytrocyty mohou vykazovat abnormality tvaru i velikosti v závislosti na typu anémie. Anémie je onemocnění vznikající v důsledku nedostatečného příjmu železa, folátů, vitamínu B12, krevními ztrátami, nebo je důsledkem chronických chorob. Dle WHO se prevalence anémie celosvětově pohybuje kolem 24 % a patří tak mezi jedno z nejčastějších onemocnění, které je rozšířené po celém světě (McLean et al. 2009). Nejohroženějšími skupinami jsou děti předškolního věku a těhotné ženy (McLean et al. 2009). Prevalence je výrazně vyšší v rozvojových zemích než v zemích vyspělých, a to především kvůli podvýživě.

### **2.1.7 Sideropenická anémie (anémie z nedostatku železa)**

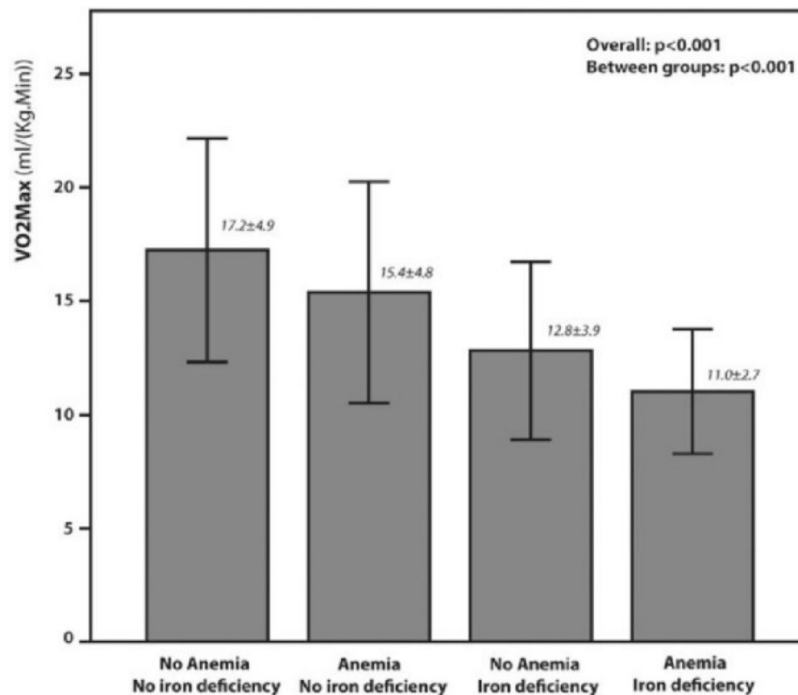
IDA se vyznačuje kromě nízké hladiny hemoglobinu také nízkým množstvím sérového železa a feritinu. Normální hodnoty sérového železa jsou u žen 11-29  $\mu\text{mol/l}$  a u mužů 14-32  $\mu\text{mol/l}$  (Devkota Bishnu Prasad 2022). Referenční mez pro feritin je u žen 10-150  $\mu\text{g/l}$  a u mužů 12-300  $\mu\text{g/l}$  (Devkota Bishnu Prasad 2019). Koncentrace transferinových receptorů je zvýšená (1.9-4.4 mg/l ženy, 2-5 mg/l muži (Wilczynski Cory 2022)). Naopak saturace transferinu je snížena a klesá pod 15 % u žen a pod 20 % u mužů (Paruthi Salini 2022). Charakteristický je výskyt mikrocytárních erytrocytů a snížený počet retikulocytů. Při hodnocení parametrů metabolismu železa je však nutné brát v potaz, že referenční hodnoty se značně liší dle jednotlivých laboratoří a jsou také rozdílné pro různé věkové skupiny.

Výše zmíněné parametry nám umožní odhalit ID ještě před rozvojem anémie, která je až třetím stádiem ID. První stádium, nazývané také prelatentní sideropenie, je charakterizované pouze snížením feritinu. V druhém stádiu „latentní sideropenie“ ještě není snížena koncentrace hemoglobinu, avšak kromě feritinu klesají také hodnoty sérového železa, saturace transferinu a zvyšuje se celková vazebná kapacita pro železo. Již v tomto stádiu dochází ke vzniku mikrocytárních erytrocytů. (Pal Sajjan et al. 2020) (Steinerová Kateřina et al. 2018)

Mezi typické příznaky patří únava, bolesti hlavy, závratě, syndrom neklidných nohou, bledá kůže, studené končetiny, dušnost, neschopnost se soustředit, náladovost a podrážděnost, zhoršený fyzický výkon, nadměrné zadýchávání, vypadávání vlasů a špatný stav nehtů (typický příznak sideropenické anémie), atrofie papil na jazyku, v závažných případech může dojít i k poruchám polykání v důsledku slizničních změn v oblasti jícnu (Novotný Jan 2007).

Závažnost projevů sideropenie závisí na mnoha faktorech a jsou značně individuální. Pokud dochází k postupnému a pomalému úbytku zásob železa (například kvůli lehkému chronickému krvácení do GIT), mohou se symptomy projevit až při výrazně nižších hodnotách, než když nedostatek vzniká náhle.

Avšak ještě před rozvojem anémie mohou být patrné některé příznaky v důsledku sníženého množství železa v krvi. Deplece železa bez anémie může mít negativní dopad především na aerobní kapacitu (DellaValle a Haas 2011) (Burden et al. 2015a), hospodaření s energií při submaximálním výkonu a vede k také k rychlejší únavě svalů (Sinclair a Hinton 2005). Při ID by sice neměl být snížen přenos kyslíku do tkání, avšak deficit železa může ovlivňovat funkčnost některých enzymů a proteinů dýchacího systému (Haas a Brownlie 2001) a tím negativně ovlivňovat výkon.



Graf 1: Vztah anémie bez ID, ID, IDA a  $VO_2Max$  (Martens et al. 2018)

### 2.1.8 Nadbytek železa

Stejně jako nedostatek, tak i nadbytek železa je zdraví škodlivý. Akutní otrava železem se může projevit jak banálnějšími příznaky, jako jsou bolesti břicha, zvracení, průjem, či krev ve stolici a moči, tak i závažnými, jako je riziko jaterního selhání. Z dlouhodobého hlediska je excesivní příjem železa také rizikový, jelikož působí silně prooxidačně. Nejvíce jsou abnormálně vysokými hladinami železa poškozena játra, srdce a endokrinní orgány, do nichž se železo nejvíce ukládá. Následkem toho se orgány poškozují a mohou vznikat i život ohrožující onemocnění jako je cirhóza jater, hepatocelulární karcinom, poruchy srdečního rytmu a endokrinních funkcí, či diabetes mellitus. Typické je i zbarvení kůže do bronzova. (McDowell et al. 2024) (Kardasis et al. 2023)

Vysoké hladiny nemají dopad jen obecně na zdraví, ale i na sportovní výkon. Nadměrné ukládání železa a oxidativní stres negativně ovlivňují kardiovaskulární systém, funkci mitochondrií, aerobní metabolismus, snižuje zásoby svalového glykogenu či poškozují svaly a způsobuje jejich atrofii. (Kardasis et al. 2023)

Dalším negativním dopadem může být střevní dysbióza. Nevstřebané železo, které putuje do tlustého střeva, zde využívají bakterie a pokud takto nevstřebaného železa doputuje do

tlustého střeva příliš, může dojít k nežádoucímu přemnožení některých bakterií, které jsou silně závislé na přísunu železa (např. *E. Coli*, rod *Bacteroides*, čeleď *Enterobacteriaceae*...). Naopak počty bakterií, například rodu *Bifidobacter*, jsou při zvýšeném příjmu železa redukovány (Yilmaz a Li 2018).

Příčinou zvýšeného množství železa v krvi může být také dědičné autosomálně recesivní onemocnění zvané hemochromatóza. Při hemochromatóze dochází k nadměrnému vstřebávání železa z potravy kvůli nízkým hladinám hepcidinu, který reguluje jeho vstřebávání. Lidé s hemochromatózou musí dodržovat dietu s nízkým obsahem železa. Další příčinou může být hemolýza, časté krevní transfuze, nebo nadměrný příjem železa z potravy, či suplementů (McDowell, Kudaravalli, Sticco 2022).

Přetížení organismu železem je diagnostikováno z odběru krve. Feritin a sérové železo jsou vysoké, naopak transferin je snížený a současně se zvyšuje jeho saturace železem.

## **2.2 Sideropenická anémie u vytrvalostních běžců**

### **2.2.1 Sporty s vysokou prevalencí deficitu železa**

Sportovci jsou jednou z rizikových skupin pro vznik deficitu železa (dále ID (iron deficiency)). Avšak prevalence ID a sideropenické anémie se v jednotlivých sportech výrazně liší. Mezi sporty s nejvyšším výskytem ID jsou vytrvalostní sporty, především běh na dlouhé tratě a také sporty u kterých se dbá na nízkou tělesnou hmotnost, a tudíž je u nich vyšší riziko nedostatečného energetického příjmu a výskytu poruch příjmu potravy (Clénin et al. 2015). Na nízkou tělesnou hmotnost je kladen důraz jednak u vytrvalostních sportů (běh, běh na lyžích, cyklistika, triatlon...), ale také v jezdectví, skocích na lyžích, sportech s váhovými kategoriemi (box, judo...) a v neposlední řadě estetické sporty (gymnastika, krasobruslení, balet...).

### **2.2.2 Příčiny a rizikové faktory vzniku deficitu železa u vytrvalostních běžců**

Na vzniku ID u běžců se podílí hned několik faktorů, avšak nelze přesně určit, jaký má největší vliv.

#### **2.2.2.1 *Krvácení do GIT***

Dalším faktorem vzniku ID u vytrvalostních běžců může být krvácení do gastrointestinálního traktu. Nejčastěji vyskytující se je krvácení do žaludku. Možnými

symptomy jsou bolesti břicha, nauzea, krvavé průjmy, či jiné gastrointestinální příznaky, avšak mnohdy je krvácení do trávicího traktu asymptomatické a jen vzácně dochází k významným patologickým stavům. Pokud jsou denní ztráty 7-10 ml a vyšší, mohou vést k rozvoji ID. Krvácení trvá asi 72 h po vytrvalostní aktivitě. Krvácení do GIT je častější u vytrvalostních sportovců, zejména u běžců po náročných bězích jako je maraton. Krvácení může vznikat z několika příčin, jednak nízké prokrvení a dočasné ischemii v důsledku aktivace sympatiku a dále vysokých hladiny adrenalinu a kortizolu. Vhodnou prevencí je adekvátní výživa, a především dostatečný pitný režim před a v průběhu náročné fyzické aktivity. (Serbest Mustafa Onur 2015) (Chatard et al. 1999)

#### **2.2.2.2 Pocení**

Pocením regulujeme naši tělesnou teplotu. Při zátěži dochází k vyššímu zahřívání organismu, a tudíž stoupá produkce potu. Pot je tvořen z 99 % vodou, 1 % představují rozpuštěné látky jako  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ , močovinu, laktát, aminokyseliny, enzymy, vitamíny skupiny B, cytokiny atd (Litvik R. et al. 2014). V potu je v menší míře obsažené i železo, což je dalším faktorem zvýšených ztrát železa u sportovců. Množství vyprodukovaného potu je silně variabilní a závislé na pohlaví, intenzitě aktivity, teplotě okolí a individualitě jednotlivce. Koncentrace železa v potu se výrazně liší podle jednotlivých zdrojů v závislosti na způsobu provádění studie a podmínkách, za kterých byly prováděny. Avšak většina studií ukazuje, že ženy mají vyšší koncentraci železa v potu než muži, ale vzhledem k větší produkci potu u mužů jsou celkové ztráty železa potem srovnatelné. Ztráty železa se při běžeckém tréninku pohybují okolo 0,2 mg/h u obou pohlaví. Průměrná koncentrace železa v 1 l potu je u mužů 0,1-0,3 mg Fe a u žen může dosahovat i 0,4 mg/l (Lamanca et al. 1988). Složení potu se během aktivity mění. Při dvouhodinovém tréninku na kole byly ztráty železa během druhé hodiny nižší (0.042 mg/m<sup>2</sup>/h), než během první hodiny tréninku (0.060 mg/m<sup>2</sup>/h) (DeRuisseau et al. 2002).

#### **2.2.2.3 Zvýšené hladiny hepcidinu po fyzické zátěži**

Po tréninku se v krvi u běžců, ale také u jiných sportovců zvyšují hladiny hepcidinu, čímž se inhibuje absorpce železa. Vzhledem k vysoké incidenci ID u běžců jsou studie prováděny nejčastěji u nich, ale byly provedeny i četné studie u jiných sportovců, například cyklistů, veslařů, či osob věnujících se silovému tréninku. U sportovních aktivit bylo prokázáno stejný efekt tréninku na hepcidin jako u běžců. Zároveň byl testován vliv

intenzity a délky trvání fyzické aktivity. Hepcidin se vyplavuje jak při dlouho trvajících aerobních trénincích, tak i intenzivních anaerobních, které trvají kratší dobu. Platí, že čím déle trvá a čím více je fyzická zátěž intenzivní, tím vyšší jsou hodnoty hepcidinu po tréninku. Nejvyšších hodnot bývá dosaženo 3-6 hodin po skončení sportovní aktivity. (Domínguez et al. 2018) (Wood Clare 2018) (Goto et al. 2020).

Přestože množství hepcidinu stoupá se zvyšující se mírou fyzické zátěže, po určité době dochází k adaptaci a hladiny hepcidinu se postupně snižují. Tento trend byl prokázán během tréninkového kempu juniorských veslařů bez ID (Zügel et al. 2019).

Zvýšení hladin hepcidinu po zátěži se však neprokázalo u sportovců, kteří již trpěli ID (sérový ferritin <30 µg/l). Efekt zvýšených potřeb přívodu železa je v tomto případě silnější, než je vliv zánětu vzniklého po zátěži. Pokud se jednalo o jedince, kteří měli hodnoty zásobního železa stále v normě, avšak na dolní hranici (30-50 µg/l), produkce hepcidinu po zátěži snížena nebyla. (Peeling et al. 2014)

#### ***2.2.2.4 Pohybem indukovaná hemolýza a hematurie***

Hemolýza způsobná nárazy nohou o zem, známá pod anglickým názvem „foot strike hemolysis“ je uváděna jako jedna z příčin vzniku anémie u běžců. Tento fenomén byl poprvé popsán v roce 1881 u vojáků po namáhavém pochodu (Lippi et al. 2012).

Míra hemolýzy pochopitelně závisí na mnoha faktorech, mezi nejvýznamnější je udávána tvrdost povrchu a jeho nerovnosti, tvrdost běžecké obuvi, délka a intenzita zátěže. Hemolýze lze předejít měkčí obuví a měkkým podkladem bez hrbolů, avšak lze ji pouze lehce zmírnit, nikoli však zcela eliminovat. (Lippi a Sanchis-Gomar 2019)

Hemolýza není při běhu způsobena pouze nárazy nohou o zem, ale existují i další mechanismy, kvůli kterým k hemolýze dochází. Studie zabývající se pohybem indukovanou hemolýzou nebyly provedeny jen na běžcích, ale i jiných sportovcích, kteří provozovali sporty, u nichž dochází jen k mírným nárazům (cyklistika či plavání). U těchto sportů byla taktéž zaznamenána hemolýza, i když nižší než u běžců. Hemolýza proto musí být způsobena i dalšími faktory. Jednak dochází k hemolýze při kontrakcích svaloviny a poté také v důsledku dehydratace, hypertermie, přítomnosti kyseliny mléčné, hypoxie, či oxidativního poškození membrán erytrocytů (Lippi a Sanchis-Gomar 2019).



V důsledku hemolýzy dochází následně k hematurii. Po destrukci erytrocytů se uvolní hemoglobin. Volný hemoglobin se navazuje na plazmatický protein haptoglobin. Avšak pokud je hemolýza nadměrná, nemusí být k dispozici dostatečné množství haptoglobinu a volný hemoglobin tak může unikat společně s močí, a tím pádem dochází ke ztrátám železa.

Hematurie se vyskytuje u 17-90 % běžců po maratonu. Krev je detekovatelná v moči 24-72 h po doběhu. Avšak příčin hematurie po sportu může být více, například renální ischemie, poškození ledvin hypoxií, nebo renální vazokonstrikce (Chatard et al. 1999).

Právě snížené hodnoty haptoglobinu v séru jsou markerem hemolýzy. Dalším základním parametrem je množství volného hemoglobinu, jehož množství se po hemolýze zvyšuje.

Avšak hemolýza není jen negativním jevem vedoucí k ID, ale jedná se pravděpodobně o fyziologickou odpověď na trénink a její součástí jsou benefiční efekty jako je hemodiluce a zvýšení množství erytrocytů (Caulfield et al. 2016).

#### **2.2.2.5 Genetické faktory**

Při sledování změn hematologických parametrů (počet erytrocytů, Hb, Hct, MCHC, bilirubin, kreatinin, transferin, saturace transferinu) během maratonu bylo u většiny běžců zpozorováno zhoršení těchto parametrů. Zhoršení bylo zaznamenáno u běžců s genotypem RR a RX genu ACTN 3, nikoli však s genotypem XX. Tento homozygotní fenotyp je přítomen u 20 % světové populace. Jedinci s tímto genotypem mají úplnou absenci  $\alpha$ -aktinu-3, který je příznivý pro rychlostní a silové dovednosti, naopak jeho absence (jako je tomu u homozygotů pro tento gen) představuje benefit pro vytrvalostní výkon. (Damian et al. 2021) Je tedy zřejmé, že značnou roli na vzniku ID hrají i genetické faktory.

#### **2.2.2.6 Nízký příjem sacharidů**

Pro vznik ID není rizikový jen celkový energetický příjem a s ním spojený i nízký příjem železa, ale i nízký příjem sacharidů, a to ať při nízkém, tak i adekvátním energetickém příjmu.

Při dlouhotrvající fyzické aktivitě a vyčerpání glykogenu se zvyšuje produkce IL-6, což způsobí zvýšené vyplavování hepcidinu. Pokud je sportovcův příjem sacharidů po delší dobu nízký, například z důvodu praktikování low-carb diet či jiných diet restringujících

příjem sacharidů, dochází ke zvýšené produkci hepcidinu. Sekrece hepcidinu se opět sníží, avšak ne ihned po jednorázovém podání sacharidů. Ke snížení produkce dochází po 2-3 dnech, kdy jsou doplněny glykogenové zásoby. (McKay Alannah a Koop Jason 2023)

U sportovců, obzvláště vytrvalostních, je nutné dbát na adekvátní příjem sacharidů v potravě, především po sportovním výkonu, kdy je žádoucí doplnit glykogenové zásoby, nebo i v průběhu dlouho trvající sportovní aktivity (60-90 minut a více v závislosti na intenzitě a druhu sportovní aktivity).

### **2.2.3 Další faktory ovlivňující metabolismus železa**

#### ***2.2.3.1 Melatonin a produkce hepcidinu***

Sekrece hepcidinu játry je závislá na zásobách železa v organismu, na tréninkové zátěži, přítomnosti zánětu, ale také se mění v závislosti na cirkadiálních rytmech. Geny řídící cirkadiální rytmy (Bmal1, Clock, Cry, and Per atd) sice produkci hepcidinu přímo neovlivňují, ale je prokázána závislost mezi produkcí melatoninu a hepcidinu. Čím vyšší je hladina melatoninu, tím vyšší je exprese genů pro hepcidin a jeho sekrece hepatocyty a naopak při nižších hladinách melatoninu se snižuje sekrece hepcidinu. Pokud byl melatonin inhibován jeho antagonistou luzindolem, téměř zcela se potlačil efekt up-regulace genové exprese pro hepcidin. (Park et al. 2022)

Nejvyšší exprese genů pro hepcidin je v ZT 0 (zeitgeber time), což je chvíle, kdy se začíná rozednívat. Od ZT exprese klesá po dobu 4 hodin klesá a poté opět v průběhu celého dne postupně stoupá. Což je důvod, proč je doporučováno železo suplementovat ráno. (Park et al. 2022)

#### ***2.2.3.2 Menstruační cyklus a metabolismus železa***

Při zkoumání vlivu fáze menstruačního cyklu na hladiny hepcidinu a celkového metabolismu železa při současné fyzické zátěži v podobě intervalového běžeckého tréninku se neprokázal vliv hormonů řídící menstruační cyklus (estrogen, progesteron, luteinizační hormon, folikuly stimulující hormon). Na metabolismus železa má pravděpodobně vliv prostá ztráta krve při menstruaci. Po menstruaci (oproti jiným fázím menstruačního cyklu) jsou běžně snižené koncentrace sérového železa a feritinu, může být zvýšený transferin. Tělo se snaží ztráty železa kompenzovat, a proto koncentrace

hepcidinu klesají. Nižší hladiny hepcidinu zajistí lepší vstřebávání přijatého železa. V druhé polovině folikulární fáze dochází k návratu k hodnotám železa před menstruací, a tím se opět zvýší i množství hepcidinu. (Alfaro-Magallanes et al. 2022)

Snížené koncentrace hepcidinu po menstruaci se dá využít pro efektivnější suplementaci, a to nejen pro ženy s ID, ale také pro ty, které mají hraniční hodnoty. (Alfaro-Magallanes et al. 2022).

Protektivně před ID a anémií působí užívání hormonální antikoncepce. Ženy užívající hormonální antikoncepci mají slabší menstruaci, takže i ztráty krve jsou nižší. Poměr šancí anémie pro ženy užívající hormonální antikoncepci se pohybuje okolo 0,5 oproti ženám s přirozeným menstruačním cyklem (Haile et al. 2016) (Teshome et al. 2022).

### **2.2.3.3 Mikrobiom a stav železa**

Téměř všechny organismy na Zemi potřebují k životu železo, a to i bakterie sídlící v našem gastrointestinálním traktu. Střevní mikrobiom je závislý na hostitelem přijatým železem a zároveň ovlivňuje homeostázu železa v daném organismu.

Jen malá část námi přijatého železa je vstřebána (asi 10 %). Zbytek pokračuje střevem a může být využit střevními bakteriemi. Platí, že čím je vyšší příjem železa, tím větší množství není absorbováno, a tak může být využito střevními bakteriemi.

Deplece i nadbytek železa v hostitelském organismu mají prokazatelný vliv na mikrobiální složení. Dle provedených studií nelze aktuálně říci, jak deplece či přebytek železa ovlivňují jednotlivé kmeny bakterií. Výsledky při testování v různých podmínkách (in vitro/na zvířatech/člověku) mnohdy vykazují i protichůdné trendy (Seyoum et al. 2021). Avšak je zřejmé, že příjem železa a stav železa hostitele ovlivňuje složení střevní mikrobioty (Yilmaz a Li 2018) (viz str. 6- Nadbytek železa).

Je prokázáno, že systémový metabolismus železa je ovlivňován střevním mikrobiomem. Bezmikrobní myši a králíci měli významně nižší množství železa ve slezině, játrech a ledvinách a současně měli méně feritinu a ferroportinu než jedinci s kolonizovanými střevy. Avšak po suplementaci železa se jejich stav zlepšil, stejně jako u jedinců s osídleným střevem. Pokud se bezmikrobním zvířatům transplantoval střevní mikrobiom, zvýšila se absorpce železa o 25 %. (Daou et al. 2022)

#### **2.2.4 Pseudoanémie**

Pseudoanémie, relativní anémie, nebo také diluční anémie je stav, kdy jsou koncentrace hemoglobinu a feritinu sníženy stejně jako u běžné anémie, nikoli však celkové množství v těle. Příčinou je zvýšený objem plazmy. K tomuto naředění dochází v důsledku adaptace na fyzickou zátěž. Ke zvýšení objemu plazmy dochází také při těhotenství, nebo některých patologických stavech. V případě sportovců je tedy tento stav fyziologický, a proto není třeba zahajovat léčbu. Avšak je důležité odlišit pseudoanémii od běžné anémie. Zásadním rozdílem mezi diluční a pravou anémií je v tom, že diluční anémie není doprovázena žádnými klinickými příznaky a nemá vliv na výkonost sportovce. (Clénin et al. 2015)

#### **2.2.5 Screening sportovců**

##### ***2.2.5.1 Vhodné markery ID u sportovců***

Vzhledem k diluční anémii bývá mnohdy složité u sportovců odlišit skutečnou ID a IDA, proto musí být pro testování zvoleny vhodné parametry.

Ve studii, do které bylo zapojeno 931 výkonnostních mužských sportovců bylo v 6,1 % diagnostikována diluční anémie. Tato skupina sportovců měla významně sníženou koncentraci hemoglobinu, hematokritu a erytrocytů. V ostatních testovaných parametrech (procentuální zastoupení retikulocytů a erytrocytů se sníženým objemem, střední objem erytrocytů a retikulocytů množství hemoglobinu v erytrocytech, procentuální zastoupení erytrocytů a retikulocytů se sníženým obsahem hemoglobinu) se hodnoty nelišily od běžné populace (Malczewska-Lenczowska et al. 2019). Tím pádem se tyto hodnoty jeví jako vhodné pro detekci ID a IDA u sportovců.

Parametr, který není ovlivněn množstvím plazmy je celkové množství hemoglobinu v těle (Hb mass). Ovšem s tímto parametrem se setkáváme převážně v klinických studiích, případně pro vyšetření vrcholových sportovců. Pro rutinní praxi není běžně dostupný. Měření se provádí v klidu při současném vdechování stanoveného množství oxidu uhelnatého. Oxid uhelnatý se pevně váže na hemoglobin za vzniku karboxyhemoglobinu. Jelikož se oxid uhelnatý rovnoměrně navazuje na hemoglobin, lze na základě rozdílů v koncentraci karboxyhemoglobinu před a po vdechnutí oxidu uhelnatého spočítat celkovou hmotnost hemoglobinu. (Siebenmann et al. 2017)

Měření Hb mass je dnes velmi přesné, avšak stále nejsou stanoveny hodnoty Hb mass pro detekci raných stádií ID, a to jak pro sportovce, tak běžnou populaci (Peeling Peter et al. 2021).

Dalším vhodným parametrem nejen pro sportovce je tzv. transferin receptorový feritin index (STfR/log Fer). Tento index je vhodné provádět u neanemických sportovců, kteří mají snížené nebo hraniční hodnoty feritinu. Výsledek vyšší než 1,8 je diagnostickým kritériem ID, a to 2. stadium, tedy latentní sideropenie. Feritin sám o sobě je informací pouze o zásobách Fe, oproti tomu tento index informuje o funkční kapacitě metabolismu železa. (Malczewska et al. 2001)

#### ***2.2.5.2 Za jakých podmínek provádět odběry***

Pro co nejvíce vypovídající hodnotu, je žádoucí, aby sportovec podstupoval odběr krve ráno na lačno, dobře hydratovaný a v ideálním případě během předchozích 24 hodin nepodstupoval žádný trénink (Sim et al. 2019). Pokud se jedná o velmi náročný sportovní výkon, mohou být hodnoty zkreslené i několik dní. Feritin je totiž proteinem akutní fáze a je tedy zvýšený při zánětu (včetně toho po namáhavé fyzické aktivitě), tak i při nemoci. Proto není v těchto stavech vhodné odběr krve provádět. (Sinclair a Hinton 2005) Ze všech parametrů je však v závislosti na podmínkách nejvíce variabilní sérové železo.

U žen je mimo jiné žádoucí, aby chodily na odběr krve vždy ve stejné fázi menstruačního cyklu.

#### ***2.2.5.3 U koho a jak často provádět screening***

U výkonnostních vytrvalostních běžců by se měli pravidelně provádět krevní testy na odhalení případného ID, nebo IDA. Pokud se deficit odhalí v raném stádiu, je podstatně vyšší šance na rychlé a úspěšné vyléčení. Zatímco u osob s nízkým rizikem postačí testování 1x ročně, u osob s vyšším rizikem je doporučováno testování 2-4 x ročně. Mezi osoby s nízkým rizikem se řadí muži, u kterých se nevyskytl ID, nevykazují žádné symptomy ID, necítí únavu po dostatečně dlouhé tréninkové pauze, nemají žádná dietní omezení, či stravovací zvyklosti, které jsou rizikové pro vznik ID (vegetariánství, veganství...), netrpí žádným onemocněním zapříčiňujícím zhoršené vstřebávání živin jako je Crohnova choroba, či celiakie a neplánují v příštích 12 měsících podstoupit hypoxický trénink (typicky soustředění ve vysoké nadmořské výšce). U žen platí stejná pravidla za

současné podmínky, že netrpí silnou menstruací, nebo se u nich nevyskytla amenorrhea. (Sim et al. 2019)

Pokud sportovec nespĺňuje některé z výše uvedených kritérií, je vhodné testování opakovat 2x ročně. V případě, že sportovec patří do skupiny s vysokým rizikem ID, je na místě opakovat testy 4 x ročně. Do skupiny s vysokým rizikem spadají ti, u kterých byl během posledních dvou let zaznamenán ID, nebo nízká energetická dostupnost, projevuje se únava i po dostatečně dlouhé regeneraci, vykazují zhoršený sportovní výkon bez jasných příčin, podstupují vytrvalostní trénink ve vysokých dávkách, nebo se chystají v následujících 6 měsících podstoupit hypoxický trénink. (Sim et al. 2019)

### **2.2.6 Trénink**

Pokud sportovec trpí nedostatkem železa, je mnohdy nutné kromě suplementace upravit i tréninkové dávky a zařadit více regeneračních dnů bez tréninku. Při nadměrné zátěži může být vstřebávání železa značně omezeno. Roli při vstřebávání hraje celková únava organismu, zvýšené hladiny hepcidinu a také vysoká saturace transferinu, která taktéž zamezí vstřebávání železa z potravy. (Chitard Jean-Claud et al. 1999)

Pokud sportovec trénuje ve vysokých dávkách i přes zjištěnou IDA, nejen že léčba nemusí být tak efektivní, ale také zpravidla nedosáhne žádného progresu ve svém sportovním výkonu. Sportovec tvrdými tréninky dosáhne jen ještě vyšší únavy a mnohdy frustrace z výkonu.

### **2.2.7 Suplementace**

#### **2.2.7.1 *Preparáty s obsahem železa***

Při ID mnohdy k vyléčení nestačí pouhé navýšení příjmu železa z potravy a je nutné jej suplementovat. Na trhu nalezneme řadu přípravků vázaných na lékařský předpis, tak volně dostupných doplňků stravy. Platí, že léčiva vázaná na předpis obsahují výrazně vyšší množství železa. Na našem trhu dostupné doplňky stravy obsahují zpravidla 15-20 mg Fe v jedné dávce a méně, pokud železo není hlavním mikronutrientem (multivitaminy, minerální komplexy). Léčiva obsahují od 30 mg až po 100 mg v jedné tabletě. Suplementace preparáty, u kterých není hlavním nutrientem železo je mnohdy neefektivní. Jednak kvůli již zmíněnému nízkému obsahu železa, ale také kvůli současnému obsahu jiných dvojmocných kovů (Ca, Zn, Mg...), které snižují vstřebávání

železa. Naopak benefitem pro vstřebávání je současný obsah vitamínu C. Velmi časté jsou preparáty s obsahem kyseliny listové a vitamínu B12. Vitamín C a B9 obsahují i některá léčiva s železem.

Železo je možné užívat v mnoha formách. Dostupné jsou tablety, tobolky, sirupy, kapky, šumivé tablety, nebo železité víno. Rozdílné jsou také sloučeniny, ve kterých je železo navázané. Všechna léčiva na lékařský předpis obsahují železo vázané v solích železa (síran železnatý, železnatá sůl polymaltosy, fumaran železnatý...). Soli železa můžeme rozdělit podle oxidačního stavu železa na železnaté ( $\text{Fe}^{2+}$ ) a železité ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Výhodou železnatých solí je lepší vstřebatelnost. Síran železnatý je 3-4 x lépe vstřebatelný, než železité soli (Stoffel et al. 2020). Trojmocné železo je totiž špatně rozpustné v alkalickém a neutrálním pH a aby došlo k redukci na dvojmocné, a mohlo být resorbováno střevní enterocyty, musí dojít k jeho redukci. Většina léčiv obsahuje železo ve dvojmocné formě.

Na českém trhu jsou k dostání v trojmocné formě maltofer a feraccru. Zbylá léčiva k perorálnímu podání (sorbifer durules, tardyferon, feroger a ferretab) obsahují dvojmocné železo. (Mediatel 2024)

Sloučeniny v doplňcích stravy jsou podstatně variabilnější. Jedná se taktéž o soli, nebo železo chelátově vázané, liposomální, či ve formě hemoglobinu. Velmi dobrou vstřebatelnost mají preparáty s obsahem hemoglobinu. Díky dobré vstřebatelnosti není nutné podávat tak vysoké dávky, a proto je množství nevstřebaného železa, které by prošlo do tlustého střeva značně sníženo. Tudíž se při užívání vyskytuje méně gastrointestinálních potíží než u jiných přípravků. Dalším benefitem je výrazně nižší interakce s potravou a také jinými léčivy. Proto je možné užívat tyto doplňky stravy jak na lačno, tak současně s potravou bez významného ovlivnění vstřebatelnosti. Možná je také kombinace s běžnými preparáty. Při kombinaci hemového a nehemového železa se využijí obě transportní cesty (transportéry DMT a HCP). (Slíva Jiří 2022)

Cílem suplementace dosáhnout jednak co nejefektivnější léčby, ale také minimalizovat množství nevstřebaného železa, a to hned z několika důvodů. Nevstřebané železo způsobuje zažívací potíže, může narušovat složení střevního mikrobiomu. V neposlední řadě může poškozovat sliznici střeva a zvyšovat tak riziko kolorektálního karcinomu (Reddy a Clark 2004). Proto je žádoucí volit přípravky ve vhodných dávkách a ve formě s co nejlepší vstřebatelností.

V případech, kdy pacient neodpovídá na léčbu perorálními přípravky, léčba není možná kvůli gastrointestinálním obtížím, těžké sideropenii, u sportovců s ID, kteří se potřebují připravit na důležitý závod či zápas, nebo v blízké době podstoupí vysokohorské soustředění je možné využít parenterální podání. Avšak při parenterálním podání je významně vyšší riziko předávkování a může se vyskytnout anafylaktická reakce či jiné komplikace. Intramuskulární injekce může být značně bolestivá. Lépe tolerované jsou injekce intravenózní. Ze všech možností parenterálního podání jsou nejbezpečnější infuzní roztoky (Peeling Peter et al. 2021).

### ***2.2.7.2 Strategie suplementace***

Co se týče denní doby, je suplementace nejefektivnější ráno, kdy jsou hladiny hepcidinu nejnižší. Při podávání suplementu odpoledne je absorpce železa v porovnání s užíváním ráno o 37 % nižší (von Siebenthal et al. 2023). Hepcidin stoupá nejen s denní dobou, ale také po tréninku (Domínguez et al. 2018). Pokud tedy sportovec nesuplementuje železo ráno po probuzení (a tudíž ještě před tréninkem), je vhodné suplement užívat v době, kdy hladiny hepcidinu nejsou ještě tak vysoké (tzn. dříve než 3 hodiny po skončení sportovní aktivity).

Kromě vhodné denní doby má vliv na absorpci také současně podávaná strava. Absorpce je efektivnější na lačno než při podávání současně s jídlem. Rozdíl efektu při užívání na lačno versus s jídlem se liší v závislosti na sloučenině, ve které je železo navázáno. Ovšem pokud dochází ke gastrointestinálním potížím, je možné užívat preparáty společně s jídlem. Při podávání s jídle obvykle nedochází k tak výrazným gastrointestinálním potížím.

Volit můžeme také mezi různou frekvencí užívání preparátů. Obvykle je doporučováno užívat preparáty s železem denně v jedné či více dávkách, avšak v některých studiích byl prokázán možný benefit při užívání obden. Například při osmitýdenní intervenci nebyly zaznamenány žádné statisticky významné rozdíly v efektivitě léčby mezi dvěma skupinami, kdy první skupina participantů se sideropenickou anémií užívala 60 mg elementárního železa denně a druhá skupina, jenž užívala 60 mg elementárního železa obden. Což znamená, že i při nižším příjmu železa bylo dosaženo totožného efektu (Pasupathy et al. 2023).



V jiné studii byl prokázán odlišný výsledek. U skupiny, která užívala 60 mg elementárního železa dvakrát denně (120 mg Fe za den), byl zaznamenán rychlejší nárůst hladin železa i hemoglobinu, než u skupiny užívající 120 mg obden. Pokud léčba u skupiny užívající železo obden trvala dvojnásobně dlouho (tudíž přijaté množství železa prostřednictvím preparátu bylo stejné, jako u skupiny užívající preparát 2x denně), bylo vylepšení krevního obrazu srovnatelné. Dávkování preparátu obden by mohlo být vhodnou strategií při ID bez anémie, nebo při lehké IDA, kdy není zásadní rychlé zlepšení krevního obrazu. (Kaundal et al. 2020). Avšak pokud je IDA závažnější, je namísto užívat železo denně. Sice se z přijatého množství vstřebá procentuálně méně, ale absolutní vstřeba množství bude vyšší. Osoby s těžším ID vstřebají vyšší procentuální množství přijatého železa, tudíž mohou více profitovat ze silnějších dávek než osoby, které mají jen lehký ID.

Suplementace má význam i u sportovců s ID bez anémie. Jednak jakožto prevence vzniku IDA, ale také pro pozitivní efekt na vylepšení aerobní kapacity (Burden et al. 2015b).

### ***2.2.7.3 Screening a suplementace s ohledem na vysokohorský trénink***

Dlouhodobější hypoxický trénink je rizikem pro vznik ID. Vzhledem ke zvýšené erytropoéze jsou nároky na přísun železa taktéž zvýšené (Stellingwerff et al. 2019). Pokud nejsou zásoby železa dostatečné, může dojít k IDA. Sportovec tak nebude profitovat z vysokohorského soustředění.

Z tohoto důvodu je žádoucí stav železa monitorovat. Odběr krve by se měl provádět dostatečně dlouho (4-6 týdnů) (Stellingwerff et al. 2019) před tím, než sportovec podstoupí vysokohorské soustředění a v případě deficitu zahájit suplementaci. Pokud by byl ID zachycen krátce před soustředěním, nemusela by být doba pro doplnění zásob železa dostatečná.

Ukazuje se, že sportovec začínající vysokohorský tréninkový kemp s normálními hodnotami Hb, ale s nižšími hodnotami ferritinu (15-30 µg/l) a za současné dostatečné suplementace železa, může být nárůst Hb-mass totožný jako u jedince s vyššími zásobami železa (Stellingwerff et al. 2019).

Během vysokohorských soustředění je suplementace železa pochopitelně žádoucí u všech jedinců s ID, ale vzhledem ke zvýšeným nárokům na přísun železa mohou ze suplementace profitovat i ti jedinci, kteří mají hodnoty ferritinu v normálním rozmezí.

Avšak žádná oficiální doporučení pro suplementaci u sportovců s normálními zásobami železa neexistují. Vzhledem k rizikům, která jsou spjata s přetížením železem, by vždy suplementace měla být individuálně indikována odborníkem. (Garvican-Lewis et al. 2016)

## 3. Praktická část

### 3.1 Cíl práce

Cílem práce je zjistit, jak častý je výskyt ID a IDA mezi vytrvalostními běžci a jaké jsou faktory, které mohou vést ke vzniku deplece železa.

### 3.2 Výzkumné otázky

**Výzkumná otázka 1:** Alespoň jednu epizodu deficitu železa během svého života zaznamená zhruba polovina běžkyň a třetina běžců.

**Výzkumná otázka 2:** Běžci s vyšší kilometrází jsou ve vyšším riziku vzniku ID než běžci s nižší kilometrází.

**Výzkumná otázka 3:** Běžci konzumující více potravin bohatých na železo mají menší pravděpodobnost vzniku ID než běžci, kteří konzumují těchto potravin méně.

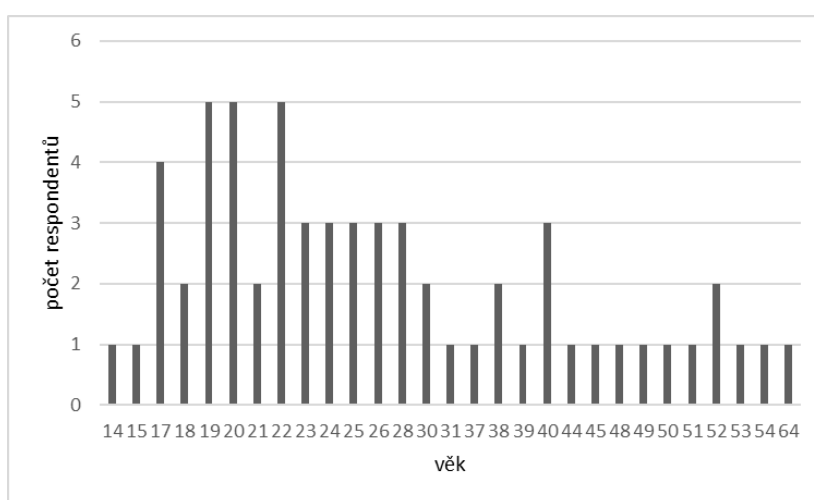
**Výzkumná otázka 4:** Běžci konzumující častěji nápoje inhibující absorpci železa (káva, černý a zelený čaj) jsou ve větším riziku vzniku ID než běžci, kteří je pijí méně často.

### 3.3 Metodika

Odpovědi byly sbírány pomocí dotazníku vytvořeném pomocí Formulářů Google. Dotazník byl rozeslán prostřednictvím sociálních sítí. Data byla analyzována za použití Pearsonova chí-kvadrát testu. Hladina významnosti byla stanovena na 0,05.

### 3.3.1 Charakteristika souboru

Dotazník vyplnilo 61 respondentů. 93,4 % (n=57) tvořili běžci na střední a dlouhé tratě (primární závodní trať na kterou trénují je 800 m a delší). Zbýlých 6,6 % (n=4) respondentů provozovalo jiný sport (například triatlon), ale běh byl jejich pravidelnou součástí tréninku. Do dotazníkového šetření byli zahrnuti běžci různých výkonnostních úrovní, většinu respondentů však tvořili výkonnostní neprofesionální sportovci. 52,5 % (n=32) souboru tvořili muži, zbylých 47,5 % (n=29) představovaly ženy. Průměrný věk byl 29,23 ( $\pm 12,26$ ).



Graf 2: věkové rozložení respondentů

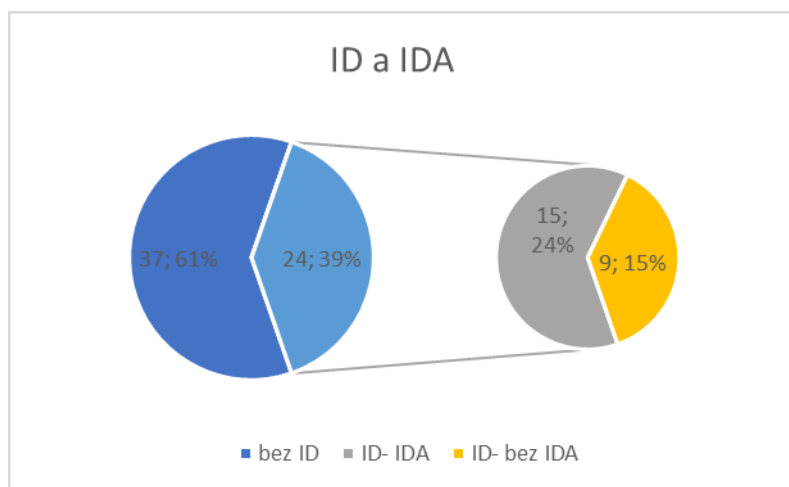
## 3.4 Výsledky

### 3.4.1 Výskyt ID a IDA

U 24 respondentů (39,34 %) se za život alespoň 1x vyskytl laboratorně potvrzený ID. Naopak 37 respondentů (60,66 %) nikdy ID nezaznamenalo. Dle očekávání byl ID prokázán častěji u žen. Z 29 žen se u 16 (55,17 %) ID vyskytl. Mužů, kteří ID zaznamenali bylo 8 (25,00 %).

Z počtu 24 sportovců u kterých byl prokázán deficit železa, byla 62,50 procentům (n=15) současně diagnostikována sideropenická anémie. Naopak izolovaný deficit železa zaznamenalo 37,5 % (n=9). Z celého vzorku respondentů byla IDA diagnostikována 14,75 procentům běžců. Žen s historií IDA bylo 34,48 % a mužů 15,63 %.

Více než jednou byl ID potvrzen u 62,50 % (n=15) respondentů ze 24, u kterých se ID vyskytl.



Graf 3: Procentuální zastoupení respondentů s historií ID a IDA

### 3.4.2 Suplementace

Užívání preparátů s obsahem železa potvrdilo 48,98 % dotázaných běžců. Preparáty častěji užívají běžci s historií ID, než ti bez zaznamenaného deficitu (66,67 % oproti 24,32 %). 10 běžců s prokázaným ID užívá přípravky s obsahem železa vázaných na lékařský předpis. Léčiva s lépe vstřebatelným dvojmocným železem (Sorbifer Durules, Tardyferon) byla předepsána 6 běžcům (60,00 %). Naopak zbylí čtyři běžci (40,00 %) užívají Maltofer (trojmocné železo).

### 3.4.3 Menstruace

26 z 29 (89,6 %) dotázaných žen menstruuje, avšak z toho 3 nepravidelně (některé měsíce k menstruaci nedojde). Zbylé 3 ženy nemenstrují. Žádná žena neuvedla užívání hormonální antikoncepce.

Menstruující ženy byly dále dotázány na sílu krvácení. Silnou menstruaci uvedlo 26,92 % žen (n=7). 57,69 % (n=15) hodnotilo sílu své menstruace jako průměrnou a 15,38 % (n=4) jako slabou. Přičemž nebyly zaznamenány žádné statisticky významné rozdíly ve výskytu ID mezi ženami se silným, středním nebo slabým krvácením (p=0,21).

menstruace	silná	střední	slabá
ID	4 (28,57 %)	9 (64,29 %)	1 (7,14 %)
bez ID	3 (25,00 %)	6 (50 %)	3 (25 %)

Tabulka 1: síla menstruace

### 3.4.4 Symptomy ID

Respondenti s historií ID byli dotázáni na symptomy, které pravidelně pociťovali v době zjištěného deficitu železa. Žádný z respondentů nepotvrdil asymptomatický průběh (pouze jeden si nevzpomíná). Mezi nejčastěji uváděné symptomy patřila únava, kterou potvrdilo 91,7 % běžců s historií ID. Druhým nejčastějším symptomem byl zhoršený sportovní výkon, který zaznamenalo 79,2 % běžců s ID. Mezi časté symptomy dále patřilo nadměrné zadýchávání a zvýšená tepová frekvence, bolesti hlavy, snížená pozornost, náladovost a podrážděnost, zhoršený psychický stav, syndrom neklidných nohou, zhoršená kvalita vlasů a nehtů, bledost, či zhoršená imunita.

### 3.4.5 Kilometráž

Průměrná týdenní kilometráž (průměrná hodnota ze závodního i přípravného období za poslední dva roky u jednotlivých respondentů) činila u mužů  $62,13 \pm 28,67$  km a  $59,12 \pm 16,85$  km u žen. Běžci byli rozděleni do 5 skupin podle kilometráže (0-30 km, 31-50 km, 51-70 km, 71-90 km a > 90 km). Mezi jednotlivými skupinami byl sledován rozdíl ve výskytu ID (u žen a mužů zvlášť). Signifikantní rozdíl ve výskytu ID byl mezi jednotlivými skupinami pozorován u žen ( $p=0,0145$ ), nikoliv však u mužů ( $p=0,4299$ ).

	0-30 km	31-50	51-70	71-90	91+
s historií ID	0	6	7	3	0
bez historie ID	4	4	4	1	0
cekem s daným počtem kilometrů	4	10	11	4	0
procento sportovců s ID	0,0 %	60,0 %	63,6 %	75,0 %	0,0 %

Tabulka 2: výskyt ID ve skupinách dle kilometráže, ženy

	0-30 km	31-50	51-70	71-90	91+
s historií ID	2	1	3	1	1
bez historie ID	6	4	6	5	3
cekem s daným počtem kilometrů	8	5	8	7	4
procento sportovců s ID	25,0 %	20,0 %	37,5 %	14,3 %	25,0 %

Tabulka 3: výskyt ID ve skupinách dle kilometráže, muži

### 3.4.6 Konzumace potravin bohatých na Fe

V rámci dotazníku byla zjišťována frekvence konzumace potravin bohatých na železo. Respondenti u jednotlivých potravin volili četnost jejich konzumace, a to od nejnižší (výjimečně/vůbec), přes frekvenci alespoň 1x měsíčně, 1x týdně, několikrát do týdne až po každodenní konzumaci.

Maso je v obou skupinách nejčastěji konzumovanou komoditou. Maso jí častěji skupina bez ID, avšak rozdíl není statisticky významný ( $p=0,0692$ ). Játra i ostatní vnitřnosti jedí respondenti jen zřídka. Opět byla lehce častější konzumace pozorována ve skupině bez ID, ovšem bez statistické významnosti jak v případě jater ( $p=0,116$ ), tak i v případě ostatních vnitřností ( $p=0,091$ ). Signifikantně nižší příjem nebyl prokázán ani u rostlinných zdrojů železa, ba naopak luštěniny, ořechy i semena jedí více respondenti ze skupiny s ID. Rozdíl však nebyl významný v konzumaci luštěnin ( $p=0,0855$ ), ořechů ( $p=0,1335$ ), ani semen ( $p=0,0917$ ). Statisticky signifikantní rozdíl ( $p=0,0465$ ) byl pozorován pouze ve frekvenci konzumace ryb, avšak častěji ryby jedla skupina s ID.

konzumovaná potravina		denně	několikrát do týdne	1x týdně	alespoň 1x měsíčně	vyjimečně/vůbec
maso	ID	8	11	2	0	3
	bez ID	12	21	2	1	1
játra	ID	0	0	0	4	20
	bez ID	0	0	0	13	24
ostatní vnitřnosti	ID	0	0	0	2	22
	bez ID	0	0	2	7	28
ryby	ID	0	6	11	2	5
	bez ID	0	7	11	10	9
luštěniny	ID	0	12	5	5	2
	bez ID	1	13	14	6	3
ořechy	ID	4	8	5	6	1
	bez ID	5	11	10	6	5
semena	ID	5	4	4	7	4
	bez ID	4	12	8	7	6

Tabulka 4: konzumace potravin bohatých na železo

### 3.4.7 Konzumace nápojů inhibujících absorpci železa

Respondenti byli dotázáni, zda a jak často pijí kávu, černý a zelený čaj. Množství bylo uváděno v šálcích za den.

Při sledování množství vypité kávy nebyla oproti očekávání prokázána vyšší konzumace u skupiny s ID, naopak více kávy konzumovala skupina bez ID ( $p=0,0339$ ).

Káva	6 a více šálků	4-5	2-3	1	ano, ale méně než 1 denně	nepiji
ID	0	0	9	4	1	10
bez ID	1	2	11	5	6	12

Tabulka 5: konzumace kávy

Černý i zelený čaj konzumují respondenti méně než kávu. Konzumace černého a zeleného čaje nebyla v žádné ze skupin významně častější (černý čaj  $p=0,7471$ ; zelený čaj  $p=0,1635$ ).

Černý čaj	6 a více šálků	4-5	2-3	1	ano, ale méně než 1 denně	nepiji
ID	0	0	3	3	9	9
bez ID	0	0	5	4	15	13

Tabulka 6: konzumace černého čaje

Zelený čaj	6 a více šálků	4-5	2-3	1	ano, ale méně než 1 denně	nepiji
ID	0	0	1	2	11	10
bez ID	0	1	4	4	15	12

Tabulka 7: konzumace zeleného čaje

Kromě množství byli respondenti také dotázáni, zda pijí kávu, černý a zelený čaj společně s jídlem, nebo odděleně. Mezi skupinami s historií deficitu a bez deficitu nebyl zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl ( $p=0,0665$ ). Vyšší procentuální zastoupení (25,00 %) respondentů se zaznamenaným ID uvedlo, že obvykle konzumuje tyto nápoje společně s jídlem oproti 13,51 % respondentů ze skupiny bez prokázaného deficitu. Avšak pouze jeden respondent s ID, který uvedl, že konzumuje tyto nápoje s jídlem pil více než 2 šálky denně, oproti třem bez ID.

	obvykle s jídlem	někdy s, někdy mezi	mezi	nepiji
s ID	6	8	7	3
bez ID	5	21	8	3

Tabulka 8: konzumace nápojů inhibujících absorpci železa ve vztahu k jídlu



## 4. Diskuze

Pomocí dotazníkového šetření jsem zkoumala výskyt ID a IDA mezi vytrvalostními běžci. Dále jsem porovnávala rizikové faktory mezi skupinou s ID a bez ID.

### 4.1 Výskyt ID a IDA u vytrvalostních běžců

39,34 % respondentů zaznamenalo během svého života alespoň jednu epizodu ID. Předpokládám, že mnou zjištěné četnosti jsou značně podhodnocené. Vzhledem k mírnějším a zároveň nespecifickým symptomům mnohdy nebývá deficit bez rozvinuté anémie odhalen a zároveň je náhodný záchyt pravděpodobný jen u elitních závodníků, kterým jsou parametry metabolismu železa zjišťovány v rámci pravidelných sportovních prohlídek. Dalším ukazatelem pravděpodobné podhodnocenosti je fakt, že žádný z respondentů neuvedl, že by v době prokázaného ID nepocíťoval žádné symptomy obvyklé pro ID (a pouze jeden si nevzpomíná). Pokud vezmeme v potaz, že izolovaný ID má mnohdy subklinický průběh, alespoň část respondentů s potvrzeným ID by mělo neuvést žádný ze symptomů.

Nejsou mi známy žádné studie, které by volily pro zjišťování historie výskytu ID stejně jako já dotazníkové šetření. Pokud pro porovnání použiji studii (Coates et al. 2017), jsou s mými výsledky takřka ve shodě. V této studii byla alespoň jedna epizoda ID prokázána během pětiletého období u 55,6 % elitních běžkyň a u 31,3 % elitních běžců i přesto, že sledovaní sportovci dlouhodobě suplementovali vysoké dávky železa, a to  $94 \pm 115$  mg/den. Velmi podobné výsledky prokázali i (Goodrich et al. 2022) během dvouletého monitoringu vysoce trénovaných přespolečných běžců (57 % žen, 35 % mužů). U žen jsou mnou zjištěné výsledky téměř totožné (55,17 %). V případě mužů jsem zaznamenala výskyt ID u 25,00 %, což je zhruba o čtvrtinu méně, než je uváděno v těchto studiích.

Historii IDA potvrdilo 34,48 % žen a 15,63 % mužů. Oproti izolovanému ID předpokládám nižší podhodnocenost. Symptomy IDA jsou totiž výraznější, a tudíž je vyšší pravděpodobnost, že sportovec při obtížích navštíví lékaře. Dalším faktorem je, že vyšetření krevního obrazu bývá součástí běžných preventivních prohlídek.

V rozsáhlé studii (Bruinvels et al. 2016) 32 % vytrvalostních běžkyň potvrdilo alespoň jeden výskyt IDA během svého života, což se shoduje s výsledky mého dotazníkového šetření.

## **4.2 Supplementace**

Suplementy železa užívá 48,98 % běžců. Častěji je užívají běžci s prokázaným deficitem (66,67 %), avšak i mezi běžci bez ID je suplementace železa poměrně běžná (24,32 %). Myslím si, že takto častá suplementace je dána dobrým povědomím vytrvalostních běžců o negativním dopadu ID a IDA na sportovní výkon. Suplementace Fe může řadě běžcům zabezpečit adekvátní příjem Fe a být tak prevencí vzniku ID, avšak při suplementaci bez monitoringu parametrů metabolismu Fe a konzultace s odborníky představuje pro některé jedince riziko nadměrného příjmu Fe, což může vést k řadě zdravotním komplikacím.

Vysoká prevalence suplementace železa mezi vytrvalostními běžci byla prokázána i jinými autory (Coates et al. 2017) (Skorseth et al. 2020) (Bruinvels et al. 2016).

## **4.3 Menstruace**

Mezi ženami se silnou, průměrnou a slabou menstruací nebyly zaznamenány žádné významné rozdíly ve výskytu ID. Oproti tomu ve studiích (Bruinvels et al. 2016) (Georgie Emma Kate Bruinvels 2018) (Dugan et al. 2024) byla sportujícím ženám splňující kritéria pro silnou menstruaci v minulosti častěji diagnostikována anémie anebo ID oproti ženám s normální silou menstruace.

Vzhledem k tomu, že silná menstruace je u běžné populace významným rizikovým faktorem pro vznik ID, předpokládala jsem, že stejný trend lze očekávat i u sportujících žen. Tomuto předpokladu odpovídají data z výše zmíněných studií. Důvodem, proč výsledky mého šetření tento domněnku nepotvrzují je pravděpodobně zkreslení způsobené nižším počtem respondentů a také absencí definice a kvantifikace silné, průměrné a slabé menstruace.

## **4.4 Kilometráž**

Jelikož vytrvalostní běh může vést mnoha mechanismy (hemolýza, hematurie, zvýšené hladiny hepcidinu atd.) k rozvoji deficitu železa, předpokládala jsem vyšší výskyt ID ve

skupinách s vyšší kilometrází. Statisticky významný rozdíl byl však pozorován jen u žen ( $p=0,0145$ ), nikoliv u mužů ( $p=0,4299$ ).

Neexistují data, která by potvrdovala vyšší výskyt ID a IDA u běžců s dlouhodobě vyšší tréninkovou zátěží v porovnání s těmi, kteří trénují v nižších tréninkových dávkách (Sims et al. 2022). Významné změny však byly zaznamenány během osmitýdenních běžeckých programů, kterých se účastnily středně trénované běžkyně. V prvním z těchto dvou programů byl zaznamenán pokles feritinu a zvýšení sTfR, avšak pouze zvýšení sTfR bylo signifikantní (Auersperger et al. 2012). Ve druhé studii se zvýšila prevalence ID z 50 na 71 % a u dvou běžkyň se rozvinula anémie, přičemž status železa se nezlepšil ani po fázi regenerace (Auersperger et al. 2013). Dle těchto poznatků lze tedy usuzovat, že zvýšená zátěž může mít dopad na status železa. Pro pochopení souvislosti mezi vyšší kilometrází (a celkově vyšší tréninkové zátěže) a prevalencí ID je nutné provést vícero studií, které by byly prováděny pouze na běžcích.

#### **4.5 Konzumace potravin bohatých na železo**

Vzhledem k dotazníkové formě mého šetření nebylo možné zjistit přesné množství přijatého železa, avšak při zhodnocení příjmu jednotlivých skupin potravin bohatých na železo nebyly zaznamenány významné rozdíly mezi skupinou s ID a bez ID. Signifikantní rozdíl byl prokázán pouze v příjmu ryb, avšak oproti mému očekávání jedli ryby častěji sportovci s historií ID. Avšak toto zjištění nemusí být významné, jelikož se jedná pouze o jednu komoditu a například oproti masu byly ryby v obou skupinách konzumovány méně často, a tudíž netvoří tak významný podíl na množství přijatého železa. Ve skupině s ID oproti skupině bez ID byla také zjištěna lehce vyšší konzumace luštěnin, ořechů a semen, avšak bez statistické významnosti.

Výsledky tedy oproti očekávání nepoukazují na vyšší konzumaci potravin bohatých na železo ve skupině bez zaznamenaného deficitu. Je ovšem nutné brát v potaz, že respondenti byli tázáni pouze na frekvenci konzumace daných potravin, nikoliv však na množství. Domnívám se, že někteří běžci po prodělaném deficitu změnili svůj jídelníček, a tudíž současně přijímají více potravin bohatých na železo oproti období před rozvojem ID. Ke vzniku ID tedy mohl vést nízký příjem železa ve stravě, avšak v dotazníku je zaznamenán současný příjem.

S výsledky mého šetření se shoduje hned několik studií. (Coates et al. 2017) neprokázali vyšší příjem železa u běžců bez ID, stejně tak i (Weight et al. 1992). Avšak v této studii běžci bez ID přijímali více hemového železa, a to jak ženy, tak i muži. Oproti tomu (Koehler et al. 2012) zaznamenali rozdílný příjem hemového železa mezi běžci s ID a bez ID pouze u mužů.

I přesto je na místě, aby se sportovci zaměřili na adekvátní příjem železa. Dle (Alaunyte et al. 2015) a (Koehler et al. 2012) 59-68 % sportujících žen a 19 % mužů nesplňuje DDD železa.

#### **4.6 Konzumace nápojů inhibujících absorpci železa**

Jelikož káva, černý a zelený čaj inhibují absorpci železa, očekávala jsem častější konzumaci těchto nápojů ve skupině s ID. Tento předpoklad však nebyl naplněn ani u jednoho z nápojů. V konzumaci černého i zeleného nebyl zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl mezi skupinou s ID a bez ID. Kávu dokonce pila častěji skupina bez ID ( $p=0,0339$ ).

Kromě frekvence konzumace těchto nápojů je také důležité, zda je pijí společně s jídlem, nebo odděleně. Rozdíl mezi skupinou s ID a bez ID sice nebyl signifikantní ( $p=0,665$ ), pokud byly zahrnuta odpověď „Někdy s jídlem, někdy mezi jídly“. Téměř dvakrát více respondentů s historií ID pije tyto nápoje obvykle společně s jídlem (25,00 % vs. 13,51 %), avšak tento fakt nepovažuji za relevantní, jelikož mezi respondenty s ID pouze jeden pije více než 2 šálky kávy anebo čaje denně. Dále může hrát roli množství, koncentrace a způsob přípravy nápojů. Domnívám se, že tyto faktory mohly výsledky značně zkreslit.

Výsledky jiných studií jsou značně nekonzistentní. Některé stejně jako já vyvrací negativní dopad konzumace kávy či čaje na hladiny feritinu, prevalenci ID anebo IDA (Mennen et al. 2007) (Root et al. 1999) (Mehta et al. 1992). (Sung et al. 2018) taktéž nepotvrdili negativní vztah konzumace zeleného čaje a feritinu, který byl ovšem sledován v případě kávy. Participanti, kteří pili kávu minimálně třikrát denně měli nižší hladiny feritinu v porovnání s těmi, kteří ji pili méně než jednou denně. Oproti tomu ve studii (Nanri et al. 2023) byla zvýšená konzumace kávy a čaje spojena s nižšími hladinami feritinu, avšak jen u mužů a premenopauzálních žen. V případě premenopauzálních žen byl negativní vztah pozorován pouze u zeleného čaje, nikoliv však u kávy.

## 4.7 Limitace šetření

Jednou z hlavních limitací šetření je nižší počet respondentů, který není dostatečný především u otázek, ve kterých bylo nutné soubor rozdělit do vícero skupin anebo pokud jsem chtěla v rámci jedné otázky zohlednit vícero faktorů.

Pro respondenty mohlo být mnohdy složité posoudit, jaká z odpovědí nejvíce vystihuje jejich situaci (například jak často konzumují konkrétní potraviny), a tudíž odpovědi nemusely přesně odpovídat realitě. Přesnější obraz stravovacích návyků respondentů bez nutnosti zapisování stravy bych pravděpodobně získala při ústním rozhovoru.

Další limitací je použití vlastního dotazníku, který nebyl validován.

## 5. Závěr

Deficit železa je poměrně častým problémem mezi vytrvalostními běžci, kterému je na místě věnovat pozornost. Během svého života zaznamenalo alespoň jednu epizodu ID 39,34 % a IDA 14,75 % respondentů. Významným zjištěním je také fakt, že v období potvrzeného ID zaznamenalo 79,2 % běžců zhoršení sportovního výkonu.

Šetření ukazuje, že možným rizikovým faktorem může být vyšší kilometráž. Statisticky významný rozdíl mezi skupinami s ID a bez ID byl však pozorován pouze u žen, nikoliv u mužů. Ve frekvenci konzumace potravin bohatých na železo nebyla u žádné skupiny potravin zaznamenána méně častá konzumace ve skupině s ID. Ani v případě pití nápojů inhibujících absorpci železa (káva, černý a zelený čaj) nebyla potvrzena očekávaná vyšší frekvence konzumace ve skupině historií ID. Jako rizikové se neprokázalo ani pití těchto nápojů společně s jídlem.

Výsledky šetření u žádného ze sledovaných faktorů nepotvrzují rizikovost pro rozvoj ID. Je tedy pravděpodobné, že existují další rizikové faktory, které nebyly v rámci šetření zkoumány.

## Referenční seznam

AHMAD FUZI, Salma F, Dagmar KOLLER, Sylvaine BRUGGRABER, Dora Ia PEREIRA, Jack R DAINTY a Sohail MUSHTAQ, 2017. A 1-h time interval between a meal containing iron and consumption of tea attenuates the inhibitory effects on iron absorption: a controlled trial in a cohort of healthy UK women using a stable iron isotope. *The American journal of clinical nutrition* [online]. **106**(6), 1413–1421. ISSN 1938-3207. Dostupné z: doi:10.3945/ajcn.117.161364

ALAUUNYTE, Ieva, Valentina STOJCESKA a Andrew PLUNKETT, 2015. Iron and the female athlete: a review of dietary treatment methods for improving iron status and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* [online]. **12**, 38. ISSN 1550-2783. Dostupné z: doi:10.1186/s12970-015-0099-2

ALFARO-MAGALLANES, Víctor M, Laura BARBA-MORENO, Nuria ROMERO-PARRA, Beatriz RAEL, Pedro J BENITO, Dorine W SWINKELS, Coby M LAARAKKERS, Ángel E DÍAZ, Ana B PEINADO a IRONFEMME STUDY GROUP, 2022. Menstrual cycle affects iron homeostasis and hepcidin following interval running exercise in endurance-trained women. *European journal of applied physiology* [online]. **122**(12), 2683–2694. ISSN 1439-6327. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-022-05048-5

Anon., 2019a. Dietary Reference Values for the EU. *EFSA* [online] [vid. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://multimedia.efsa.europa.eu/drvs/index.htm>

Anon., 2019b. FoodData Central Search Results. *U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE* [online] [vid. 2023-12-02]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-search>

Anon., 2020. nutridatabaze. *Centrum pro databázi složení potravin* [online] [vid. 2023-12-02]. Dostupné z: <https://www.nutridatabaze.cz/vyhledavani-potravin/podle-nazvu/>

AUERSPERGER, Irena, Bojan KNAP, Ales JERIN, Rok BLAGUS, Mitja LAINSCAK, Milan SKITEK a Branko SKOF, 2012. The effects of 8 weeks of endurance running on hepcidin concentrations, inflammatory parameters, and iron status in female runners. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism* [online]. **22**(1), 55–63. ISSN 1543-2742. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.22.1.55

AUERSPERGER, Irena, Branko ŠKOF, Bojan LESKOŠEK, Bojan KNAP, Aleš JERIN a Mitja LAINSCAK, 2013. Exercise-induced changes in iron status and hepcidin response in female runners. *PloS one* [online]. **8**(3), e58090. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0058090

BĚLOHLÁVKOVÁ PETRA, 2011. Postavení hepcidinu v diagnostice a léčbě anémií. *Medicína pro praxi*. **8**(3), 127–129.

BRUINVELS, Georgie, Richard BURDEN, Nicola BROWN, Toby RICHARDS a Charles PEDLAR, 2016. The Prevalence and Impact of Heavy Menstrual Bleeding (Menorrhagia) in Elite and Non-Elite Athletes. *PloS one* [online]. **11**(2), e0149881. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0149881

BRUNE, M, L ROSSANDER a L HALLBERG, 1989. Iron absorption and phenolic compounds: importance of different phenolic structures. *European journal of clinical nutrition*. **43**(8), 547–57. ISSN 0954-3007.

BURDEN, Richard J, Katie MORTON, Toby RICHARDS, Gregory P WHYTE a Charles R PEDLAR, 2015a. Is iron treatment beneficial in, iron-deficient but non-anaemic (IDNA) endurance athletes? A systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine* [online]. **49**(21), 1389–97. ISSN 1473-0480. Dostupné z: doi:10.1136/bjsports-2014-093624

BURDEN, Richard J, Katie MORTON, Toby RICHARDS, Gregory P WHYTE a Charles R PEDLAR, 2015b. Is iron treatment beneficial in, iron-deficient but non-anaemic (IDNA) endurance athletes? A systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine* [online]. **49**(21), 1389–97. ISSN 1473-0480. Dostupné z: doi:10.1136/bjsports-2014-093624

CAULFIELD, Stuart, Kirsty A MCDONALD, Brian DAWSON, Sarah M STEARNE, Ben A GREEN, Jonas RUBENSON, Tristan D CLEMONS a Peter PEELING, 2016. A comparison of haemolytic responses in fore-foot and rear-foot distance runners. *Journal of sports sciences* [online]. **34**(15), 1485–90. ISSN 1466-447X. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2015.1119300

CLÉNIN, G, M CORDES, A HUBER, YO SCHUMACHER, P NOACK, J SCALES a S KRIEMLER, 2015. Iron deficiency in sports – definition, influence on performance and therapy. *Swiss Medical Weekly* [online]. ISSN 1424-7860. Dostupné z: doi:10.4414/smw.2015.14196

COATES, Alexandra, Margo MOUNTJOY a Jamie BURR, 2017. Incidence of Iron Deficiency and Iron Deficient Anemia in Elite Runners and Triathletes. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine* [online]. **27**(5), 493–498. ISSN 1536-3724. Dostupné z: doi:10.1097/JSM.0000000000000390

COLEMAN, Nailah, 2019. Gastrointestinal Issues in Athletes. *Current Sports Medicine Reports* [online]. **18**(6), 185–187. ISSN 1537-8918. Dostupné z: doi:10.1249/JSR.0000000000000599

ČESKÁ LÉKAŘSKÁ SPOLEČNOST JANA EVANGELISTY PURKYNĚ, 2020. Dieta při onemocnění krve. *Národní zdravotní informační portál* [online] [vid. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/496-dieta-pri-onemocneni-krve>

DAMIAN, Marc-Tudor, Romana VULTURAR, Cristian Cezar LOGIN, Laura DAMIAN, Adina CHIS a Anca BOJAN, 2021. Anemia in Sports: A Narrative Review. *Life (Basel, Switzerland)* [online]. **11**(9). ISSN 2075-1729. Dostupné z: doi:10.3390/life11090987

DAOU, Yasmeen, Marion FALABRÈGUE, Charareh POURZAND, Carole PEYSSONNAUX a Marvin EDEAS, 2022. Host and microbiota derived extracellular vesicles: Crucial players in iron homeostasis. *Frontiers in medicine* [online]. **9**, 985141. ISSN 2296-858X. Dostupné z: doi:10.3389/fmed.2022.985141

- DELLAVALLE, Diane M a Jere D HAAS, 2011. Impact of iron depletion without anemia on performance in trained endurance athletes at the beginning of a training season: a study of female collegiate rowers. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism* [online]. **21**(6), 501–6. ISSN 1543-2742. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.21.6.501
- DERUISSEAU, Keith C, Samuel N CHEUVRONT, Emily M HAYMES a Regina G SHARP, 2002. Sweat iron and zinc losses during prolonged exercise. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism* [online]. **12**(4), 428–37. ISSN 1526-484X. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.12.4.428
- DEVKOTA BISHNU PRASAD, 2019. Ferritin. *Medscape* [online] [vid. 2024-05-26]. Dostupné z: <https://emedicine.medscape.com/article/2085454-overview?0=reg=1#a1>
- DEVKOTA BISHNU PRASAD, 2022. Iron. *Medscape* [online] [vid. 2024-05-26]. Dostupné z: <https://emedicine.medscape.com/article/2085704-overview>
- DOMÍNGUEZ, Raúl, Antonio Jesús SÁNCHEZ-OLIVER, Fernando MATA-ORDOÑEZ, Adrián FERIA-MADUEÑO, Moisés GRIMALDI-PUYANA, Álvaro LÓPEZ-SAMANES a Alberto PÉREZ-LÓPEZ, 2018. Effects of an Acute Exercise Bout on Serum Hepcidin Levels. *Nutrients* [online]. **10**(2). ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu10020209
- DUGAN, Cory, Peter PEELING, Amelia DAVIES, Beth MACLEAN, Aaron SIMPSON, Jayne LIM a Toby RICHARDS, 2024. The relationship between menorrhagia, iron deficiency, and anaemia in recreationally active females: an exploratory population based screening study. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. ISSN 14402440. Dostupné z: doi:10.1016/j.jsams.2024.04.012
- GARVICAN-LEWIS, Laura A, Andrew D GOVUS, Peter PEELING, Chris R ABBISS a Christopher J GORE, 2016. Iron Supplementation and Altitude: Decision Making Using a Regression Tree. *Journal of sports science & medicine* [online]. **15**(1), 204–5. ISSN 1303-2968. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26957944>
- GEORGIE EMMA KATE BRUINVELES, 2018. *Women's health in sport: The prevalence and impact of heavy menstrual bleeding and iron deficiency*. London. doktorská práce. University College London.
- GOODRICH, Jesse A, Dillon J FRISCO, Sewan KIM, Karin VANBAAK, Marissa HOLLIDAY, Miguel RUEDA, Sourav PODDAR a William C BYRNES, 2022. Iron Status and Homeostasis Across 2 Competitive Seasons in NCAA Division I Collegiate Cross-Country Runners Residing at Low Altitude. *International journal of sports physiology and performance* [online]. **17**(12), 1716–1724. ISSN 1555-0273. Dostupné z: doi:10.1123/ijsp.2021-0546
- GOTO, Kazushige, Chihiro KOJIMA, Nobukazu KASAI, Daichi SUMI, Nanako HAYASHI a Hyejung HWANG, 2020. Resistance exercise causes greater serum hepcidin elevation than endurance (cycling) exercise. *PloS one* [online]. **15**(2), e0228766. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0228766



HAAS, J D a T BROWNLIE, 2001. Iron deficiency and reduced work capacity: a critical review of the research to determine a causal relationship. *The Journal of nutrition* [online]. **131**(2S-2), 676S-688S; discussion 688S-690S. ISSN 0022-3166. Dostupné z: doi:10.1093/jn/131.2.676S

HAILE, Zelalem T, Asli K TEWELDEBERHAN a Ilana R A CHERTOK, 2016. Association between oral contraceptive use and markers of iron deficiency in a cross-sectional study of Tanzanian women. *International journal of gynaecology and obstetrics: the official organ of the International Federation of Gynaecology and Obstetrics* [online]. **132**(1), 50–4. ISSN 1879-3479. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijgo.2015.06.040

HOGENKAMP, P S, J C JERLING, T HOEKSTRA, A MELSE-BOONSTRA a U E MACINTYRE, 2008. Association between consumption of black tea and iron status in adult Africans in the North West Province: the THUSA study. *The British journal of nutrition* [online]. **100**(2), 430–7. ISSN 1475-2662. Dostupné z: doi:10.1017/S000711450889441X

HORVÁTHOVÁ MONIKA a POSPÍŠILOVÁ DAGMAR, 2010. Nové poznatky o homeostáze železa a jejich důsledky pro klinickou praxi. *zdravi.euro.cz* [online] [vid. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanky/nove-poznatky-o-homeostaze-zeleza-a-jejich-dusledky-pro-klinickou-praxi/>

CHATARD, J C, I MUJIKA, C GUY a J R LACOUR, 1999. Anaemia and iron deficiency in athletes. Practical recommendations for treatment. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* [online]. **27**(4), 229–40. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-199927040-00003

JURÁŇOVÁ J., MIKULENKOVÁ D., VYTISKOVÁ S. a FÁTOROVÁ I., 2021. *Doporučení ČHS ČLS JEP Referenční meze krevního obrazu, retikulocytů, normoblastů a diferenciálního počtu leukocytů dospělých* [online] [vid. 2024-05-23]. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/[https://labsekce.hematology.cz/wp-content/uploads/2021/08/Doporučení\\_LS\\_CHS\\_CLS\\_JEP-Ref\\_meze\\_dospeli-KO\\_Diff\\_Ret\\_NRBC\\_v02\\_rev02.pdf](https://labsekce.hematology.cz/wp-content/uploads/2021/08/Doporučení_LS_CHS_CLS_JEP-Ref_meze_dospeli-KO_Diff_Ret_NRBC_v02_rev02.pdf)

KARDASIS, William, Ethan R. NAQUIN, Richa GARG, Tejas ARUN, Jyotsna S. GOPIANAND, Eshani KARMAKAR a Jaya P. GNANA-PRAKASAM, 2023. The IRONY in Athletic Performance. *Nutrients* [online]. **15**(23), 4945. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu15234945

KAUNDAL, Rahul, Prateek BHATIA, Arihant JAIN, Ankur JAIN, Ram V NAMPOOTHIRI, Kundan MISHRA, Aditya JANDIAL, Deepak GONI, Rajeev SANDAL, Nishant JINDAL, Ashok MESHRAM, Rintu SHARMA, Niranjana KHAIRE, Charanpreet SINGH, Alka KHADWAL, Gaurav PRAKASH, Reena DAS, Neelam VARMA, Subhash VARMA, Pankaj MALHOTRA a Deepesh P LAD, 2020. Randomized controlled trial of twice-daily versus alternate-day oral iron therapy in the treatment of iron-deficiency anemia. *Annals of hematology* [online]. **99**(1), 57–63. ISSN 1432-0584. Dostupné z: doi:10.1007/s00277-019-03871-z

- KOEHLER, Karsten, Hans BRAUN, Silvia ACHTZEHN, Ursula HILDEBRAND, Hans-Georg PREDEL, Joachim MESTER a Wilhelm SCHÄNZER, 2012. Iron status in elite young athletes: gender-dependent influences of diet and exercise. *European journal of applied physiology* [online]. **112**(2), 513–23. ISSN 1439-6327. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-011-2002-4
- KOLAYLI, Sevgi, Miraç OCAK, Murat KÜÇÜK a Rıza ABBASOĞLU, 2004. Does caffeine bind to metal ions? *Food Chemistry* [online]. **84**(3), 383–388. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/S0308-8146(03)00244-9
- KONGKACHUICHAI, R., P. NAPATTHALUNG a R. CHAROENSIRI, 2002. Heme and Nonheme Iron Content of Animal Products Commonly Consumed in Thailand. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. **15**(4), 389–398. ISSN 08891575. Dostupné z: doi:10.1006/jfca.2002.1080
- LAMANCA, J J, E M HAYMES, J A DALY, R J MOFFATT a M F WALLER, 1988. Sweat iron loss of male and female runners during exercise. *International journal of sports medicine* [online]. **9**(1), 52–5. ISSN 0172-4622. Dostupné z: doi:10.1055/s-2007-1024978
- LAVRÍKOVÁ PETRA a FONTANA JOSEF, 2024. Metabolismus hemoglobinu a transport krevních plynů. *Multimediální skripta Funkce buněk a lidského těla* [online] [vid. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://fblt.cz/skripta/vi-dychaci-soustava/4-metabolismus-hemoglobinu-a-transport-krevnich-plynu/>
- LAVRÍKOVÁ PETRA, FONTANA JOSEF a TRNKA JAN, 2024. Vitamíny a výživa. *Multimediální skripta Funkce buněk a lidského těla* [online] [vid. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://fblt.cz/skripta/ix-travici-soustava/7-vitaminy-a-vyziva/>
- LIPPI, Giuseppe a Fabian SANCHIS-GOMAR, 2019. Epidemiological, biological and clinical update on exercise-induced hemolysis. *Annals of translational medicine* [online]. **7**(12), 270. ISSN 2305-5839. Dostupné z: doi:10.21037/atm.2019.05.41
- LIPPI, Giuseppe, Federico SCHENA, Gian Luca SALVAGNO, Rosalia ALOE, Giuseppe BANFI a Gian Cesare GUIDI, 2012. Foot-strike haemolysis after a 60-km ultramarathon. *Blood transfusion = Trasfusione del sangue* [online]. **10**(3), 377–83. ISSN 2385-2070. Dostupné z: doi:10.2450/2012.0167-11
- LITVIK R., VATUCHOVÁ YVETTA a VŘESKÝ BRONISLAV, 2014. Struktura a funkce ekrinních potních žláz a možnosti ovlivnění produkce potu. *Česko-slovenská dermatologie* [online]. **89**(5), 215–223 [vid. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/cesko-slovenska-dermatologie/2014-5/struktura-a-funkce-ekrinnich-potnich-zlaz-a-moznosti-ovlivneni-produkce-potu-51037>
- MALCZEWSKA, Jadwiga, Beata SZCZEPAŃSKA, Romuald STUPNICKI a Witold SENDECKI, 2001. The Assessment of Frequency of Iron Deficiency in Athletes from the Transferrin Receptor-Ferritin Index. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. **11**(1), 42–52. ISSN 1526-484X. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.11.1.42

- MALCZEWSKA-LENCZOWSKA, Jadwiga, Olga SURAŁA, Joanna ORYSIAK, Dariusz TUROWSKI, Beata SZCZEPAŃSKA a Paweł TOMASZEWSKI, 2019. Utility of Novel Hypochromia and Microcythemia Markers in Classifying Hematological and Iron Status in Male Athletes. *Nutrients* [online]. **11**(11), 2767. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu11112767
- MARTENS, Pieter, Petra NIJST, Frederik H. VERBRUGGE, Kevin SMEETS, Matthias DUPONT a Wilfried MULLENS, 2018. Impact of iron deficiency on exercise capacity and outcome in heart failure with reduced, mid-range and preserved ejection fraction. *Acta Cardiologica* [online]. **73**(2), 115–123. ISSN 0001-5385. Dostupné z: doi:10.1080/00015385.2017.1351239
- MCDOWELL, Lisa A., Pujitha KUDARAVALLI, Richard J. CHEN a Kristin L. STICCO, 2024. *Iron Overload* [online]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/35408967>
- MCKAY ALANNAH a KOOP JASON, 2023. Iron metabolism and supplementatin for ultrarunners. In: [online]. B.m. [vid. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.jasonkoop.com/podcast/iron-metabolism-and-supplementation-for-ultrarunners-with-dr-alannah-mckay>
- MCLEAN, Erin, Mary COGSWELL, Ines EGLI, Daniel WOJDYLA a Bruno DE BENOIST, 2009. Worldwide prevalence of anaemia, WHO Vitamin and Mineral Nutrition Information System, 1993-2005. *Public health nutrition* [online]. **12**(4), 444–54. ISSN 1368-9800. Dostupné z: doi:10.1017/S1368980008002401
- MEDIATELY, 2024. Přípravky s obsahem železa. *Mediatelly* [online] [vid. 2024-05-26]. Dostupné z: <https://mediately.co/cz/atcs/B03A/pripravky-s-obsahem-zeleza>
- MEHTA, Sudha W, Mary E PRITCHARD a Charles STEGMAN, 1992. Contribution of coffee, and tea to anemia among NHANES II participants. *Nutrition Research* [online]. **12**(2), 209–222. ISSN 02715317. Dostupné z: doi:10.1016/S0271-5317(05)80727-4
- MENNEN, L, T HIRVONEN, N ARNAULT, S BERTRAIS, P GALAN a S HERCBERG, 2007a. Consumption of black, green and herbal tea and iron status in French adults. *European journal of clinical nutrition* [online]. **61**(10), 1174–9. ISSN 0954-3007. Dostupné z: doi:10.1038/sj.ejcn.1602634
- MENNEN, L, T HIRVONEN, N ARNAULT, S BERTRAIS, P GALAN a S HERCBERG, 2007b. Consumption of black, green and herbal tea and iron status in French adults. *European journal of clinical nutrition* [online]. **61**(10), 1174–9. ISSN 0954-3007. Dostupné z: doi:10.1038/sj.ejcn.1602634
- NANRI, Hinako, Megumi HARA, Yuichiro NISHIDA, Chisato SHIMANOE, Chiharu IWASAKA, Yasuki HIGAKI a Keitaro TANAKA, 2023. Association between green tea and coffee consumption and body iron storage in Japanese men and women: a cross-sectional study from the J-MICC Study Saga. *Frontiers in nutrition* [online]. **10**, 1249702. ISSN 2296-861X. Dostupné z: doi:10.3389/fnut.2023.1249702

NOVOTNÝ JAN, 2007. Sideropenická anémie. *Medicina pro praxi* [online]. **10**(4), 390–394 [vid. 2024-05-20]. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmninnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2007/10/02.pdf

PAL SAJJAN, RISHI PRIYANKA, PAWARIA SONIA, DAS JAGANJYOTI a RELAYACH NEHA, 2020. Prevalence of Iron Deficiency with Or Without Anemia In Female Athletes- A Review. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*. **7**(11). ISSN 2515-8260.

PARK, Woo-Ram, Byungyoon CHOI, Yu-Ji KIM, Yong-Hoon KIM, Min-Jung PARK, Dong-Il KIM, Hueng-Sik CHOI a Don-Kyu KIM, 2022. Melatonin Regulates Iron Homeostasis by Inducing Hepcidin Expression in Hepatocytes. *International journal of molecular sciences* [online]. **23**(7). ISSN 1422-0067. Dostupné z: doi:10.3390/ijms23073593

PARUTHI SALINI, 2022. Transferin saturation. *Medscape* [online] [vid. 2024-05-26]. Dostupné z: <https://emedicine.medscape.com/article/2087960-overview>

PASUPATHY, Elamparithi, Ravichandran KANDASAMY, Kurien THOMAS a Aneesh BASHEER, 2023. Alternate day versus daily oral iron for treatment of iron deficiency anemia: a randomized controlled trial. *Scientific reports* [online]. **13**(1), 1818. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-023-29034-9

PEELING PETER, DEAKIN VIKI a GARVICAN-LEWIS LAURA, 2021. *Clinical sport nutrition*. 6. vyd. Sidney: Rochelle Deighton.

PEELING, Peter, Marc SIM, Claire E BADENHORST, Brian DAWSON, Andrew D GOVUS, Chris R ABBISS, Dorine W SWINKELS a Debbie TRINDER, 2014. Iron status and the acute post-exercise hepcidin response in athletes. *PloS one* [online]. **9**(3), e93002. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0093002

REDDY, Manju B a Laura CLARK, 2004. Iron, oxidative stress, and disease risk. *Nutrition reviews* [online]. **62**(3), 120–4. ISSN 0029-6643. Dostupné z: doi:10.1111/j.1753-4887.2004.tb00033.x

ROOT, M M, J HU, L S STEPHENSON, R S PARKER a T C CAMPBELL, 1999. Iron status of middle-aged women in five counties of rural China. *European journal of clinical nutrition* [online]. **53**(3), 199–206. ISSN 0954-3007. Dostupné z: doi:10.1038/sj.ejcn.1600701

SERBEST MUSTAFA ONUR, 2015. GASTROINTESTINAL DISORDERS IN ATHLETES. *Spor Hekimligi Dergisi*. **50**(1), 31–45.

SEYOUM, Yohannes, Kaleab BAYE a Christèle HUMBLLOT, 2021. Iron homeostasis in host and gut bacteria - a complex interrelationship. *Gut microbes* [online]. **13**(1), 1–19. ISSN 1949-0984. Dostupné z: doi:10.1080/19490976.2021.1874855

SCHLEMMER, Ulrich, Wenche FRØLICH, Rafael M PRIETO a Felix GRASES, 2009. Phytate in foods and significance for humans: food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis. *Molecular nutrition & food research*

[online]. **53 Suppl 2(52)**, S330-75. ISSN 1613-4133. Dostupné z: doi:10.1002/mnfr.200900099

SIEBENMANN, Christoph, Stefanie KEISER, Paul ROBACH a Carsten LUNDBY, 2017. CORP: The assessment of total hemoglobin mass by carbon monoxide rebreathing. *Journal of Applied Physiology* [online]. **123(3)**, 645–654. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappphysiol.00185.2017

SIM, Marc, Laura A GARVICAN-LEWIS, Gregory R COX, Andrew GOVUS, Alannah K A MCKAY, Trent STELLINGWERFF a Peter PEELING, 2019. Iron considerations for the athlete: a narrative review. *European journal of applied physiology* [online]. **119(7)**, 1463–1478. ISSN 1439-6327. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-019-04157-y

SIMS, Stacy T, Kelsi MACKAY, Alana LEABEATER, Anthea CLARKE, Katherine SCHOFIELD a Matthew DRILLER, 2022. High Prevalence of Iron Deficiency Exhibited in Internationally Competitive, Non-Professional Female Endurance Athletes-A Case Study. *International journal of environmental research and public health* [online]. **19(24)**. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph192416606

SINCLAIR, Lisa M a Pamela Sue HINTON, 2005. Prevalence of iron deficiency with and without anemia in recreationally active men and women. *Journal of the American Dietetic Association* [online]. **105(6)**, 975–8. ISSN 0002-8223. Dostupné z: doi:10.1016/j.jada.2005.03.005

SKOLMOWSKA, Dominika a Dominika GŁĄBSKA, 2019. Analysis of Heme and Non-Heme Iron Intake and Iron Dietary Sources in Adolescent Menstruating Females in a National Polish Sample. *Nutrients* [online]. **11(5)**. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu11051049

SKORSETH, Paige, Nicole SEGOVIA, Katherine HASTINGS a Emily KRAUS, 2020. Prevalence of Female Athlete Triad Risk Factors and Iron Supplementation Among High School Distance Runners: Results From a Triad Risk Screening Tool. *Orthopaedic journal of sports medicine* [online]. **8(10)**, 2325967120959725. ISSN 2325-9671. Dostupné z: doi:10.1177/2325967120959725

SLÍVA JIŘÍ, 2022. Význam a současné postavení přípravků s hemovým železem u osob s deplecí železa. *česká internistická společnost* [online] [vid. 2024-03-16]. Dostupné z: <https://www.cisweb.cz/blog/moderni-terapie-zelezem>

STEINEROVÁ KATEŘINA, LYSÁK DANIEL a JINDRA PAVEL, 2018. Nejběžnější typy anémií – diagnostika, klasifikace a léčba. *Medicína pro praxi*. **15(2)**, 80–83.

STELLINGWERFF, Trent, Peter PEELING, Laura A GARVICAN-LEWIS, Rebecca HALL, Anu E KOIVISTO, Ida A HEIKURA a Louise M BURKE, 2019. Nutrition and Altitude: Strategies to Enhance Adaptation, Improve Performance and Maintain Health: A Narrative Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* [online]. **49(Suppl 2)**, 169–184. ISSN 1179-2035. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-019-01159-w

STOFFEL, Nicole U, Hanna K VON SIEBENTHAL, Diego MORETTI a Michael B ZIMMERMANN, 2020. Oral iron supplementation in iron-deficient women: How much

and how often? *Molecular aspects of medicine* [online]. **75**, 100865. ISSN 1872-9452. Dostupné z: doi:10.1016/j.mam.2020.100865

SUNG, Eun Suk, Chang Kyun CHOI, Nu Ri KIM, Sun A KIM a Min-Ho SHIN, 2018. Association of Coffee and Tea with Ferritin: Data from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey (IV and V). *Chonnam medical journal* [online]. **54**(3), 178–183. ISSN 2233-7385. Dostupné z: doi:10.4068/cmj.2018.54.3.178

ŠAJDÍKOVÁ MARTINA a FONTANA JOSEF, 2024. Formované krevní elementy. *Multimediální skripta funkce buněk a lidského těla* [online] [vid. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://fblt.cz/skripta/v-krev-a-organy-imunitniho-systemu/3-formovane-krevni-elementy/>

ŠTEFÁNEK JIŘÍ, 2011. Hemosiderin. *Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK* [online] [vid. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/hemosiderin>

TEMME, E H M a P G A VAN HOYDONCK, 2002. Tea consumption and iron status. *European journal of clinical nutrition* [online]. **56**(5), 379–86. ISSN 0954-3007. Dostupné z: doi:10.1038/sj.ejcn.1601309

TESHOME, Anissa Abebe, Wondu Garoma BERRA a Aschalew Fikru HIRUY, 2022. Modern Contraceptive Methods Predict Hemoglobin Levels Among Women of Childbearing Age from DHS 2016. *Open Access Journal of Contraception* [online]. **Volume 13**, 1–8. ISSN 1179-1527. Dostupné z: doi:10.2147/OAJC.S329045

VANEK, Trey a Arpan KOHLI, 2024. *Biochemistry, Myoglobin* [online] [vid. 2024-05-20]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15339940>

VERENA TAN, 2022. How to Increase the Absorption of Iron from Foods. *healthline* [online] [vid. 2024-05-20]. Dostupné z: How to Increase the Absorption of Iron from Foods

VON SIEBENTHAL, Hanna K., Diego MORETTI, Michael B. ZIMMERMANN a Nicole U. STOFFEL, 2023. Effect of dietary factors and time of day on iron absorption from oral iron supplements in iron deficient women. *American Journal of Hematology* [online]. **98**(9), 1356–1363. ISSN 0361-8609. Dostupné z: doi:10.1002/ajh.26987

WEIGHT, Lindsay M., Peter JACOBS a Timothy D. NOAKES, 1992. Dietary iron deficiency and sports anaemia. *British Journal of Nutrition* [online]. **68**(1), 253–260. ISSN 0007-1145. Dostupné z: doi:10.1079/BJN19920082

WILCZYNSKI CORY, 2022. Transferrin receptor. *Medscape* [online] [vid. 2024-05-26]. Dostupné z: <https://emedicine.medscape.com/article/2086300-overview>

WOOD CLARE, 2018. Hepcidin and The Management of the Athlete's Iron Status. *Topendsports* [online] [vid. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.topendsports.com/nutrition/supplements/iron-hepcidin.htm>

YANATORI, Izumi a Fumio KISHI, 2019. DMT1 and iron transport. *Free radical biology & medicine* [online]. **133**, 55–63. ISSN 1873-4596. Dostupné z: doi:10.1016/j.freeradbiomed.2018.07.020

YILMAZ, Bahtiyar a Hai LI, 2018. Gut Microbiota and Iron: The Crucial Actors in Health and Disease. *Pharmaceuticals (Basel, Switzerland)* [online]. **11**(4). ISSN 1424-8247. Dostupné z: doi:10.3390/ph11040098

ZIJP, I M, O KORVER a L B TIJBURG, 2000. Effect of tea and other dietary factors on iron absorption. *Critical reviews in food science and nutrition* [online]. **40**(5), 371–98. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408690091189194

ZÜGEL, Martina, Gunnar TREFF, Jürgen M STEINACKER, Benjamin MAYER, Kay WINKERT a Uwe SCHUMANN, 2019. Increased Hepcidin Levels During a Period of High Training Load Do Not Alter Iron Status in Male Elite Junior Rowers. *Frontiers in physiology* [online]. **10**, 1577. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2019.01577

## Seznam používaných zkratk

Fe-železo

Hb-hemoglobin

Hct-hematokrit

ID-nedostatek železa (iron deficiency)

IDA-anémie z nedostatku železa (iron deficiency anemia)

HCP-heme carrier protein

DMT-divalent metal transporter

sTfR-rozpustné transferinové receptory

IL-interleukin

IRPs-iron responsive proteins

IREs-iron responsive elements

Hb mass-celkové množství cirkulujícího hemoglobinu

MCHC-concentrace hemoglobinu v erythrocytech (mean cell hemoglobin concentration)

DDD-denní doporučená dávka

PRI-dávka nutrientu zabezpečující potřebu 97 % dané populace (population reference intake)

ZT-Zeit geber time



## Seznam obrázků

Obrázek 1: Rozdíl ve vstřebávání hemového a nehemového železa (Coleman 2019)

Obrázek 2: regulace metabolismu železa, působení hepcidinu (Horváthová Monika a Pospíšilová Dagmar 2010)

## Seznam tabulek

Tabulka 1: síla menstruace

Tabulka 2: výskyt ID ve skupinách dle kilometráže, ženy

Tabulka 3: výskyt ID ve skupinách dle kilometráže, muži

Tabulka 4: konzumace potravin bohatých na železo

Tabulka 5: konzumace kávy

Tabulka 6: konzumace černého čaje

Tabulka 7: konzumace zeleného čaje

Tabulka 8: konzumace nápojů inhibujících absorpci železa ve vztahu k jídlu

## Seznam Grafů

Graf 1: Vztah anémie bez ID, ID, IDA a VO<sub>2</sub>Max (Martens et al. 2018)

Graf 2: věkové rozložení respondentů

Graf 3: Procentuální zastoupení respondentů s historií ID a IDA

# Přílohy

Odkaz na dotazník: <https://forms.gle/wUeEJgmus6kajUfn9>

Otázky:

1. Věk
2. Jste
  - běžec (trať na kterou primárně trénuji je 800 m a delší)
  - běžec sprinter (trať na kterou primárně trénuji je 400 m a kratší)
  - jiný sportovec
  - nejsem sportovec
3. Pohlaví
  - Muž
  - Žena
4. Užíváte nějaký suplement železa?  
v případě že ano, do kolonky jiné napište:
  1. název (nebo jestli se jedná o lék nebo doplněk stravy bez lékařského předpisu)
  2. dávkovánípokud si nepamätujete, napište pouze ano
5. Byl vám někdy z odběru krve zjištěn nedostatek železa?
  - Ano
  - Ne
6. Kolik km průměrně naběháte za týden? (přibližný průměr z přípravného a závodního období za poslední dva roky)
7. Jak často konzumujete tyto potraviny?

	Denně	Několikrát do týdne	1xtýdně	Alespoň 1měsíčně	Výjimečně nebo vůbec
Játra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ostatní vnitřnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Maso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ryby	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Luštěniny	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ořechy	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Semenínka	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### 8. Jak často pijete tyto nápoje?

	Nepiji	Piji, ale méně než 1 x šále denně	2-3 šálky denně	4-5 šálků denně	6 a více šálků denně
Káva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Černý čaj	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zelený čaj	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### 9. Kdy pijete výše zmíněné nápoje?

- Tyto nápoje nepiji
- Obvykle s jídlem
- Obvykle mezi jídly
- Někdy s jídlem, někdy mezi jídly

#### Sekce menstruace <sup>1</sup>

##### 1. Menstruujete?

- Ano
- Ano, ale nepravidelně (vynechávání cyklů)
- Ano, užívám hormonální antikoncepci

---

<sup>1</sup> Vyplňovaly pouze ženy

- Ne
2. Jak silnou míváte menstruaci
- Slabou
  - Střední
  - Silnou

#### Sekce deficit železa <sup>2</sup>

1. Byla vám z odběru krve zjištěna anémie z nedostatku železa?  
(anémie=chudokrevnost, je snížené množství hemoglobinu)
- Ano
  - Ne
2. Jednalo se o ojedinělou záležitost, nebo se u vás nedostatek železa vyskytl vícekrát?
- Pouze jednou
  - Vícekrát
3. Trpíte aktuálně nedostatkem železa?
- ano, aktuálně trpím nedostatkem železa
  - ne, aktuálně nedostatkem železa netrpím
  - nevím
4. Pociťoval/a jste opakovaně v době laboratorně potvrzeného nedostatku železa některý ze symptomů deficitu? Pokud ano, jaké symptomy? (zaškrtněte je)
- ŽÁDNÝ
  - Únava
  - Zhoršený sportovní výkon
  - Nadměrné zadýchávání
  - Vyšší srdeční frekvence než obvykle
  - Bušení srdce
  - Bolesti či motání hlavy
  - Poruchy soustředěnosti

---

<sup>2</sup> Vyplňovali pouze ti, kterým během života byl laboratorně potvrzen deficit železa

- Náladovost, podrážděnost
- Syndrom neklidných nohou
- Zhoršená kvalita vlasů a nehtů
- Bledost
- Jiné?