

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

## Vliv spánkové deprivace na sportovní trénink a výkon

Bakalářská práce

Autor: Kateřina Zemanová

Studijní program: Tělesná výchova a sport

Vedoucí práce: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

Olomouc 2023



## Bibliografická identifikace

**Jméno autora:** Kateřina Zemanová  
**Název práce:** Vliv spánkové deprivace na sportovní trénink a výkon

**Vedoucí práce:** Mgr. Filip Neuls, Ph.D.  
**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii  
**Rok obhajoby:** 2023

### Abstrakt:

*Úvod* Dodržování dostatečné délky spánku je v dnešní době podceňováno i přes jeho prokázané pozitivní účinky, v tomto důsledku je spánková deprivace stále častější a setkáváme se s ní u amatérských i profesionálních sportovců. *Cíl* Hlavním cílem této bakalářské práce je vytvořit systematický přehled randomizovaných kontrolovaných studií zkoumajících vliv spánkové deprivace na sportovní výkon, výkonnost a kognitivní funkce. *Metodika* Práce je psaná jako systematický přehled s využitím databáze PUBMED, ze které bylo pro finální analýzu vybráno 14 studií. *Výsledky* Jedenáct studií prokázalo negativní vliv na sportovní výkon a výkonnost. Zhoršení kognitivních funkcí bylo pozorováno u šesti studií. Vyšší vnímané úsilí při zátěži potvrdily čtyři studie. *Závěry* Spánková deprivace má negativní vliv na sportovní výkon a výkonnost, může ovlivňovat kognitivní funkce a vnímané úsilí.

### Klíčová slova:

Spánková deprivace, sportovní výkon, sportovní trénink, spánek, systematický přehled.

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

## **Bibliographical identification**

**Author:** Kateřina Zemanová  
**Title:** The influence of sleep deprivation on sports training and performance

**Supervisor:** Mgr. Filip Neuls, Ph.D.  
**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology  
**Year:** 2023

**Abstract:**

*Introduction* The observance of sufficient sleep duration is nowadays underestimated despite its proven positive effects, as a result, sleep deprivation is increasingly common and is encountered in both amateur and professional athletes. *Objective* The main aim of this thesis is to provide a systematic review of randomized controlled trials investigating the effect of sleep deprivation on athletic performance and cognitive function. *Methodology* The thesis is written as a systematic review using the PUBMED database from which 14 studies were selected for final analysis. *Results* Eleven studies have demonstrated a negative impact on athletic performance. Deterioration of cognitive functions was observed in six studies. Higher perceived effort during exertion was confirmed by four studies. *Conclusions* Sleep deprivation has a negative effect on sports performance and may affect cognitive function and perceived effort.

**Keywords:**

Sleep deprivation, sports performance, sports training, sleep, systematic review.

I agree the thesis paper to be lent within the library service.



Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Filipa Neulse, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V České Rybné dne 26. dubna 2023

.....

Děkuji panu Mgr. Filipovi Neulsovi, Ph.D za vedení bakalářské práce, zvláště za užitečné rady a podněty při konzultacích.

# OBSAH

1	Úvod.....	9
2	Přehled poznatků.....	10
2.1	Spánek.....	10
2.1.1	Cirkadiánní rytmus.....	11
2.1.2	Melatonin.....	11
2.1.3	Fáze spánku.....	12
2.1.4	Faktory ovlivňující spánek.....	14
2.1.5	Vliv spánku na organismus.....	16
2.2	Spánková deprivace.....	18
2.2.1	Důsledky spánkové deprivace.....	18
2.2.2	Poruchy spánku.....	20
2.2.3	Doporučení pro lepší a zdravý spánek.....	20
2.3	Spánek a sport.....	22
2.3.1	Sportovní trénink.....	23
2.3.2	Sportovní výkon a výkonnost.....	23
2.3.3	Kognitivní funkce.....	25
2.3.4	Sportovní úrazy.....	25
3	Cíle.....	26
	Hlavní cíl.....	26
	Dílčí cíle.....	26
	Výzkumné otázky.....	26
4	Metodika.....	27
5	Výsledky.....	30
5.1	Charakteristika vybraných studií.....	30
5.2	Charakteristika účastníků studií.....	30
5.3	Design studií.....	31
5.4	Porovnání vybraných studií.....	31
6	Diskuse.....	40
7	Závěry.....	42
8	Souhrn.....	43

9	Summary.....	44
10	Referenční seznam.....	45

# 1 ÚVOD

Dnešní doba je charakteristická svou uspěchaností. Lidé spěchají ráno do práce, z práce, v práci, na volnočasové aktivity, tréninky a mnohdy se toho snaží stihnout co nejvíce za den právě na úkor spánku, z kterého si ukrajují i přes všechny jeho benefity. Neumějí se zastavit a užívat si přítomného okamžiku, natož aktivně odpočívat. Každý se se spánkovou deprivací setká alespoň jednou za život. Málokdo si však uvědomuje její následky, které způsobuje v našem těle. Tento problém spadá i do kategorie sportu. Týká se jak rekreačních, tak vrcholových sportovců a může se odrazit na jejich výkonu a výkonnosti. Spánková deprivace se objevuje ve všech sportech od individuálních po sportovní hry. Je způsobena časnými ranními tréninky, nervozitou z budoucího závodu, jet lagem nebo nadmořskou výškou.

Motivací pro výběr tématu této bakalářské práce bylo vytvořit ucelený česky psaný přehled, který by pomohl veškeré populaci, ale především sportovcům a jejich trenérům rozšířit povědomí o vlivu spánkové deprivace na jejich výkon a výkonnost.

## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Spánek

Spánek je jednou ze základních biologických potřeb člověka sloužících k přežití, ve kterém strávíme přibližně 1/3 svého života. Všichni doposud prostudovaní živočichové spí nebo provozují podobnou činnost. Spánek tedy spojuje všechny živočišné tvory včetně člověka (Walker, 2018).

„Světová zdravotnická organizace i Americká národní nadace pro dobrý spánek (National Sleep Foundation) stanovují v průměru 8 hodin spánku za noc pro dospělého člověka“ (Walker, 2018, p. 13). Doporučená hodnota spánku se však rapidně mění v průběhu života. Novorozenci potřebují okolo 16 hodin spánku, který probíhá přerušovaně během celého dne i noci a jedná se především o REM spánek. Do 3 měsíců se objeví cyklické střídání REM a NREM spánku, který je však kratší než u dospělých. Postupně také dochází k poklesu denního spánku a zvyšuje se noční spánek. S přibývajícím věkem se hodnota spánku postupně snižuje a ve věku 3-5 let je tato potřeba stanovena na 11 hodin za den. Ve věku 9-10 let prospí děti přibližně 10 hodin za noc a dochází k cyklickému vzoru REM a NREM spánku jako u dospělých, dále viz kapitola Fáze spánku. U dospělých trvá spánek přibližně od 7,5 hodin do 8 hodin za noc (Chokroverty, 2009). V současné době však vlivem různých faktorů dochází ke zkracování délky spánku a lidé spí čím dál tím méně hodin i přes doporučené hodnoty a benefity, které spánek přináší (Walker, 2018).

Za spánek považujeme takovou činnost, při které dochází hned k několika změnám v organismu. Pokud člověk spí, nedochází k vnímání okolí a reagování na podněty z tohoto prostředí. Nedochází tedy ke komunikaci ani odezvě organismu s vnějším okolím. Dalšími typickými znaky pro spánek jsou zavřené oči a klidové chování, při kterém dochází k uvolnění posturálního kosterního svalstva. Pro spánek je typická také poloha, ve které se jedinec nachází a jedná se nejčastěji o horizontální polohu, není to však podmínka. Během spánku se však může objevit např. náměsíčnost, mluvení ze spánku nebo skřípání zuby (Carskadon & Dement, 2005).

Walker (2018) k výše zmíněnému přidává fakt, že se dá spánek snadno zvrátit, a tím se tak odlišit od kómatu, anestezie či smrti, např. hlučným zvukem z vnějšího okolí, jako je převrnutí židle. Dále spánek podléhá cirkadiánnímu rytmu, což znamená, že pro člověka je přirozené v noci spát a ve dne být vzhůru.

### **2.1.1 Cirkadiánní rytmus**

Každý organismus včetně člověka se řídí pomocí tzv. biologických hodin, které řídí fyziologické procesy a chování daného organismu. Cirkadiánní rytmus představuje přibližně čtyřicetihodinové vnitřní hodiny, kterými se lidský organismus řídí a přizpůsobuje (Panda, Hogenesch, & Kay, 2002).

Tyto vnitřní hodiny, nacházející se v části mozku zvaném hypotalamus, vysílají signály do ostatních oblastí mozku a dalších orgánů v těle. Řídí hladiny hormonů v krvi, tělesnou teplotu, spánek a bdělost. Určují tedy, kdy máme hlad nebo kdy potřebujeme spát a naopak, kdy jsme vzhůru. Nastavení je založeno na opakovaném střídání světla a tmy, což se děje za působení otáčení Země kolem své osy, tělo se však dokáže orientovat i pomocí dalších signálů jako např. potravy, teploty či pohybu. Tělo rozeznává den a noc také pomocí hormonu melatoninu. Rovnováha mezi cirkadiánním rytmem nastaveným na 24 hodin a hormonem melatoninem určuje to, jak jsme bdělí a pozorní během dne a naopak, jak jsme večer unavení. Tyto faktory mohou také částečně ovlivnit kvalitu spánku (Walker, 2018).

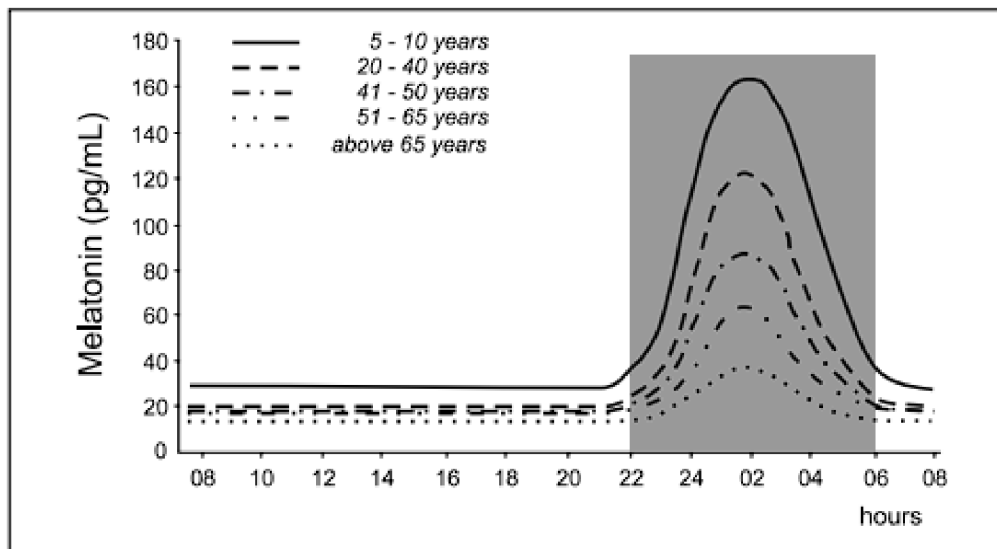
### **2.1.2 Melatonin**

Melatonin vytváří během noci epifyza a je následně vylučován do organismu. Právě tento hormon navozuje pocit spánku, snižuje tělesnou teplotu, ovlivňuje únavu a řídí cirkadiánní hodiny v těle (Arendt & Skene, 2005). Tvorba melatoninu je stimulována tmou a inhibována světlem, což má za důsledek hlubší spánek při tmě než při světle. Jeho sekrece se zvyšuje spolu s nástupem tmy, vrcholí uprostřed noci (mezi 2.-4. hodinou ranní) a následně v druhé polovině noci postupně klesá až do probuzení, kdy dojde vlivem světla k zastavení jeho vyprodukovaní (Brzezinski, 1997). Koncentrace melatoninu se liší podle věku. U kojenců mladších 3 měsíců můžeme pozorovat velmi malou koncentraci melatoninu, avšak s přibývajícím věkem tato hodnota roste a zůstává relativně stabilní do věku 35-40 let. Poté dochází k jeho postupnému klesání a ve věku 70 let je hodnota melatoninu vyprodukovaná v noci snížena téměř až na úroveň podobné denní koncentraci, viz obrázek 1 (Brown et al., 1997; Waldhauser, 1984).

Walker (2018) k výše uvedenému přidává také to, že melatonin sice rozhodne o tom, kdy spánek začne, ale poté se ho již sám nezúčastní.

## Obrázek 1

*Množství produkovaného melatoninu v závislosti na věku člověka (Karasek & Winczyk, 2006, p. 23)*



### 2.1.3 Fáze spánku

Při spánku během noci lidé prochází dvěma odlišnými typy spánku, které se pravidelně střídají. Jedná se o NREM spánek a REM spánek. Jednotlivé fáze byly pojmenovány podle charakteristického chování očí a střídají se v rozmezí od 90 do 110 minut, kdy typická noc zahrnuje přibližně 4 až 6 opakovaných cyklů NREM a REM spánku (Luyster et al., 2012). Avšak zároveň v průběhu střídání se fází dochází ke změně poměru NREM spánku a REM spánku. Nejprve (tedy na začátku spánku) je zastoupen především NREM spánek a zhruba v polovině noci dochází ke změně a větší část zastupuje spíše REM spánek. Tyto fáze jsou obě stejně velmi důležité a prospěšné pro organismus (Walker, 2018). U obou fází se mohou objevovat sny, ale 80 % snů převládá v REM fázi a 20 % v NREM fázi a je snazší si je vybavit v REM fázi, než NREM fázi (Chokroverty, 2010).

NREM spánek byl pojmenován podle „non-rapid eye movement“ (bez rychlých očních pohybů). Tento druh spánku se dělí dle Walkera (2018) ještě na další 4 fáze, pojmenované od fáze NREM 1 po fázi NREM 4:

- NREM 1 je počáteční fáze, kde převládá lehký spánek zahrnující relaxaci svalů a zpomalení očních pohybů (Rountree, 2011). Prostřednictvím této fáze se dostáváme do spánku. Trvá pouze 1-7 minut a spánek lze snadno přerušit



např. dotykem, zavřením dveří či oslovením osoby (Carskadon & Dement, 2005).

- NREM 2 je fáze, kdy se oči přestanou pohybovat a dochází ke zpomalení mozkových vln (Rountree, 2011). Fáze trvá v rozmezí 10-25 minut a je zapotřebí větší stimul pro probuzení, než z první fáze (Carskadon & Dement, 2005).
- NREM 3 a NREM 4 jsou charakteristické hlubokým spánkem, který zahrnuje velmi pomalé mozkové vlny zvané delta vlny. K probuzení se z těchto fází je zapotřebí obvykle větší stimul, než ve fázi NREM 1 a NREM 2 (Carskadon & Dement, 2005).

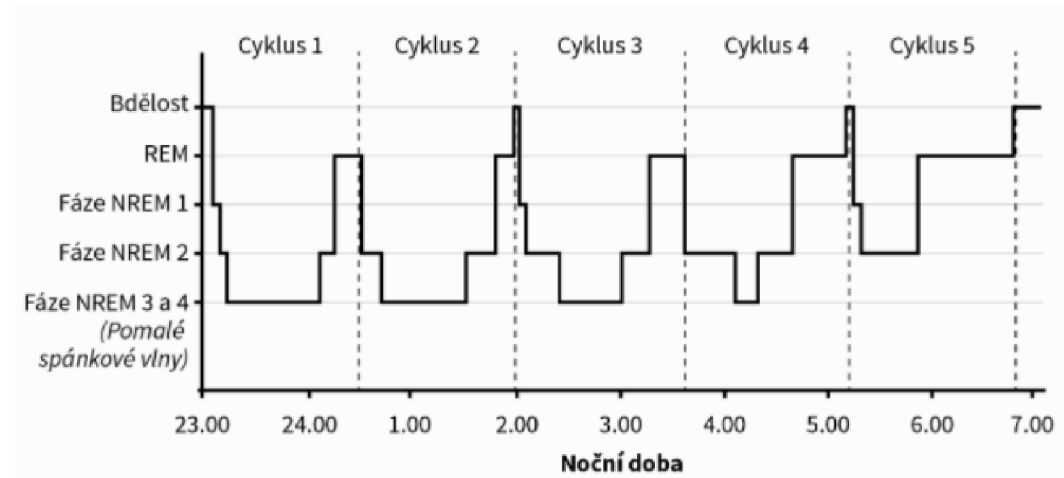
Hloubka těchto cyklů se postupně zvětšuje. Z fyziologického hlediska se snižuje tepová frekvence i krevní tlak, dále dochází k relaxaci svalstva a stabilní tělesné teplotě. Někdy může dojít v důsledku rychlé relaxace svalstva k pocitu pádu, což je doprovázeno reflexem, jako je šubání horních a dolních končetin. Tento druh spánku je důležitý z hlediska zapamatování si informací a vzpomínek. Pro sportovce je tedy důležitý z hlediska zdokonalení a zachování motorických dovedností (Walters, 2002).

REM spánek byl pojmenován podle „rapid eye movement“ (rychlé pohyby očí), někdy je také nazýván jako aktivní spánek (Walters, 2002). Tvoří přibližně 20-25 % z celkového času spánku a dochází při něm k rychlým pohybům očí ve všech směrech, zvyšuje se srdeční frekvence, dochází k nepravidelnému dýchání a mohou se objevit jemné pohyby svalů na rukách, nohách a obličeji (Chokroverty, 2010).

Je nejdelší právě před samotným probuzením, jak můžeme vidět na hypnogramu (obrázek 3). Zejména během této fáze dochází k organizaci získaných informací, mozek tedy třídí, upřednostňuje a ukládá informace (Walker, 2018).

## Obrázek 2

Graf spánku (hypnogram) (Walker, 2018)



### 2.1.4 Faktory ovlivňující spánek

#### *Jet lag*

Nejen sportovci, kteří často cestují letadlem do jiných zemí na soutěže, se musí vypořádat s časovými pásmy a jejich překonáváním. Pokud nedojde k plné synchronizaci vnitřních hodin při překonávání časových pásem, nastane tzv. pásmová nemoc neboli syndrom zvaný jet lag. Tělo ještě není srovnané se střídáním tmy a světla na daném území, v důsledku toho dochází k únavě a ospalosti. Tělo si s tímto jevem umí samozřejmě poradit, ale chvíli to trvá. Proto je důležité, aby se poskytl dostatečný čas a tělo se přizpůsobilo časovému posunu. Čím větší bude počet překonaných pásem, tím větší bude potřeba času na synchronizaci (Sack, 2010; Walker, 2018).

Zisapel (2001) zmiňuje, že se od sebe liší lety na východ a na západ. Lety na východ zkracují dny a vyžadují tak fázové zrychlení, naopak lety na západ dny prodlužují a vyžadují tak fázové zpoždění. Bylo také zjištěno, že se jednotlivci dokáží přizpůsobit rychleji letu na západ než na východ.

Nejčastějším příznakem pásmové nemoci je právě ztráta spánku a s tím související její důsledky jako: pocitová ospalost, únava, depresivní nálada, snížená výkonnost, předčasné probouzení, bolesti hlavy, snížené kognitivní schopnosti, špatná psychomotorická koordinace, malátnost a celková náladovost (Zisapel, 2001).

#### *Kofein a alkohol*

Kofein působí na receptory v mozku tak, že potírá adenosin, což je chemická látka určená k puzení ke spánku. Čím vyšší je koncentrace adenosinu, tím větší je touha ke

spánku. Pomocí kofeinu dojde tedy k blokaci a deaktivaci adenosinu, což zapříčiní to, že se člověk cítí probuzený, v pozoru a nemá potřebu spánku. Alkohol má za příčinu rozkouskovaný spánek s častým probouzením a zároveň tlumí REM spánek. Je to v důsledku vylučování aldehydů a ketonů, což jsou vedlejší produkty při odbourávání alkoholu. Tyto látky poté brání mozku přejít do REM spánku (Mesas, et al., 2011; Walker, 2018).

### *Elektronická zařízení*

Zde se jedná především o umělá elektronická osvětlení. Tato technika oddaluje dobu usínání a zároveň ošálí naše tělo, a to poté nepozná, zda je den či noc. Pokud před spaním používáme umělé světlo, odsouvá se tím vyloučení melatoninu do těla a s tím spojená schopnost usínání (Walker, 2018).

### *Nepřirozené probuzení*

V tomto ohledu je myšleno především probuzení pomocí různých budíků. Při tomto jevu dojde k náhlému nárůstu krevního tlaku a zrychlení tepové frekvence, což nastane v důsledku prudké aktivace nervového systému. Bohužel, jak uvádí Walker (2018), v dnešní době je tento jev nevyhnutelný obzvlášť u lidí, kteří vstávají brzy do práce, nebo u sportovců, kteří vstávají na brzký trénink.

### *Práce na směny*

Zisapel (2001) uvádí, že pracovníci na nočních směnách si často stěžují na narušený spánek, ospalost a sníženou výkonnost v souladu s cirkadiánním rytmem. Pracovníci se těžce vyrovnávají se změnami v rozvrhu, které jsou nepravidelné, ale jejich práce to vyžaduje. Tito lidé se snaží udržet pozornost a bdělost, ale jejich vnitřní hodiny jim udávají čas spánku. K úplnému cirkadiánnímu přenastavení dojde zhruba za týden, pokud se však směny střídají ještě s ranními a denními směnami, nedojde nikdy k synchronizaci vnitřních hodin.

Autor také uvádí, že byly provedeny průzkumy v Evropě i v USA, kde uvedli informace, že pracovníci na nočních směnách mají přibližně o 5 až 7 hodin spánku méně než pracovníci na denních směnách. Poté se pracovníci snaží tyto ztráty dohnat ve dnech volna, ale jejich nálada a výkonnostní schopnosti jsou již ovlivněny. Luyster et al. (2012) dále zmiňuje, že u pracovníků na nočních směnách se výrazně zvyšuje riziko vzniku zhoubných nádorů.

## *Genetika*

Luyster et al. (2012) zmiňuje, že sklony ke spánku jsou dědičné. Jedná se o délku spánku, ospalost, poruchy nebo denní preference. Do denních preferencí zahrnujeme ranní typy neboli „skřivani“ a večerní typy neboli „sovy“. Ranní typy vstávají rádi za úsvitu brzy ráno, cítí se odpočatí a svěží a nejlépe fungují v odpoledních hodinách. Tento typ lidí chodí spát velmi brzy. Naopak večerní typy si rádi přispí, mají potíže s ranním vstáváním a cítí se často unavení po ránu. Chodí spát pozdě v noci, protože nedokáží brzy usnout a nejvíce energie mají v odpoledních hodinách a ke konci dne (Chokroverty, 2009). Poté máme i skupinu lidí mezi těmito zmíněnými typy. Pokud jsou oba rodiče spíše večerními typy („sovy“), je velké pravděpodobnost, že dítě bude také večerní typ (Walker, 2018).

### **2.1.5 Vliv spánku na organismus**

Spánek zajišťuje v lidském těle mnoho funkcí, bez kterých bychom se neobešli. Působí blahodárně jak na mozek (psychiku), tak na tělo. V první řadě právě pomocí spánku zabraňuje tělo vzniku infekcí, odráží nemoci a podílí se na imunitním a endokrinním systému. Nedostatek spánku tak vede k vyššímu riziku onemocnění rakovinou (Walker, 2018). Také Luyster et al. (2012) je toho názoru, že nedostatek spánku je spojen s vyšším rizikem rozvoje rakoviny prsu či prostaty.

Dále spánek umožňuje si zapamatovat různé informace a fakta, ale také je třídit a zapomínat, což je velice důležité, protože naše paměť je omezená. Spánek hraje také důležitou roli při učení, kdy kvalitní a dostatečný spánek umožní zapamatovat si lépe a za kratší dobu různé informace (Luyster et al., 2012).

Působí také na psychické zdraví neboli na psychickou pohodu, a to z hlediska zvládnání psychicky náročných situací, které dokážeme řešit a vyhodnocovat s klidem a rozvahou. Snění je pro nás také velice důležité, a to z hlediska kreativity. Pokud nebudeme dodržovat kvalitní a pravidelný spánek, může dojít ke stresu, úzkostem, depresím a frustraci, které se následně projeví na psychice člověka (Walker, 2018; Walters, 2002).

Pokud se podíváme na spánek z hlediska stravovacích návyků, je v tomto ohledu také velice důležitý. Pomáhá totiž regulovat chuť k jídlu. Nedostatek spánku zapříčiňuje vyšší hladinu hormonu navozující pocit hladu a potlačuje tak tvorbu hormonu, který spouští pocit nasycení (Walker, 2018). Hormony, které se především podílejí na regulaci

příjmu potravy, jsou inzulin, leptin a ghrelin (Klimešová & Stelzer, 2013). Naopak podíváme-li se z druhého hlediska, živiny jako antioxidanty, protein bohatý na tryptofan, sacharidy, melatonin a ovoce mohou ovlivňovat spánek (Doherty, Madigan, Warrington, & Ellis, 2019).

Existuje také souvislost mezi délkou spánku a zdravotním rizikem jako BMI (index tělesné hmotnosti) a s tím související obezitou. Doba spánku kratší než 5 hodin za noc zvyšuje pravděpodobnost obezity až 1,5krát. S tím souvisí také to, že z fyziologického hlediska je spánek důležitý pro rovnováhu inzulinu a glukózy v krevním oběhu, který vyrovnává. Pokud tedy trpíme nedostatečným spánkem, narušujeme tak hladinu glukózy v krvi a hrozí vyšší riziko ucpaní a kornatění cév a s tím související kardiovaskulární onemocnění či cévní mozková příhoda (Luyster et al., 2012).

## 2.2 Spánková deprivace

Spánkovou deprivaci můžeme jednoduše definovat jako nedostatek nebo omezení spánku. Bohužel je tento jev velmi čím dál více rozšířen a lidé ho podceňují i přes všechny jeho nepříznivé vlivy působící na lidské tělo jak už z hlediska fyzického, tak i z psychického (Van Dongen, 2003). Walker (2018) rozděluje spánkovou deprivaci na akutní a chronickou.

K akutní spánkové deprivaci dochází při úplné absenci spánku po danou dobu, která následně vede k mnoha psychickým i fyzickým změnám (Walker, 2018). Naopak chronická spánková deprivace neboli spánkový dluh nastává při omezení spánku, a to na kratší dobu, než kterou naše tělo potřebuje pro odpočinek a optimální výkonnost v bdělém stavu. Tento druh je daleko více rozšířen, což mají za důsledek především práce na směny, práce a studium v pozdních hodinách a velký rozvoj technologií (televize, počítač a mobilní telefony) (Plháková et al., 2013). Také Chokroverty (2019) se zmiňuje, že za snížení celkového spánku jsou zodpovědné enviromentální a kulturní změny, které zahrnují zvýšenost umělého osvětlení, industrializaci, rostoucí počet lidí pracujících na směnném provozu a nástup technologií. Nedostatečným spánkem trpí v první řadě mladí dospělí, a to zejména studenti středních a vysokých škol. K nejčastějším důvodům patří např. brzké ranní vstávání, mimoškolní aktivity, sport, sociální interakce s vrstevníky a další pozdní večerní povinnosti v souvislosti se školou. Další ohroženou skupinou jsou lidé pracující v nepravidelných směnách – lékaři, zdravotní sestry, hasiči, policisté, piloti, letušky, řidiči kamionů atd.

Pokusy se spánkovou deprivací, kterou aplikovali vědci na zvířatech, ukázaly fakt, že spánek je velmi důležitý pro přežití. Rechtschaffen a Bergmann (2002) provedli experiment s krysami, kdy omezili těmto zvířatům spánek po dobu 10-30 dnů. Všechny krysy do jedné zemřely i přes navýšení potravy.

### 2.2.1 Důsledky spánkové deprivace

Nedostatek spánku představuje riziko nejen pro jedince samotného, ale také pro ostatní osoby, kdy může dojít k většímu počtu úrazů a zvýšení jejich rizika na pracovišti. V krajních případech může mít za následek velké katastrofy na národní a mezinárodní úrovni. Nadměrná denní ospalost je zapříčiněna nejčastěji právě již zmíněnou spánkovou deprivací (Chokroverty, 2009). Luyster et al. (2012) zdůrazňuje, že s nedostatkem spánku

souvisí poruchy kognitivních a motorických funkcí v tělo, což se může projevit např. dopravní nehodou.

Nedostatek spánku může z krátkodobého hlediska způsobit ospalost, zhoršení pozornosti a koncentrace, zvýšenou absenci v práci, sníženou produktivitu a výkon, zvýšit reakční čas a celkové zhoršení kvality života. Z dlouhodobého hlediska se může jednat o zvýšenou nemocnost, onemocnění koronárních tepen, vysoký krevní tlak, obezitu, diabetes mellitus 2. typu, poruchy paměti, deprese nebo srdeční selhání (Chokroverty, 2010).

### *Psychická stránka*

Důsledky spánkové deprivace z hlediska psychické stránky zahrnují v první řadě změnu emocí. U jedinců s nedostatečným spánkem můžeme pozorovat rychlé změny nálad, nepřiměřený vztek, přehnané emocionální reakce a nepřátelskost. Pro nevyspalého člověka je typická negativita, která může přerůst až do deprese, kdy se člověk může cítit méněcenný a začne o sobě pochybovat. V druhé řadě můžeme pozorovat jak u dětí, tak u dospělých korelaci nedostatku spánku s agresivitou, šikanou, behaviorálními problémy a užíváním návykových látek. Pokud nedopřejeme organismu dostatečný spánek, může dojít také k poklesu efektivity ukládání informací, a to z hlediska dlouhodobé paměti. Existuje velmi úzká spojitost mezi spánkem a imunitním systémem. Jejich vztah je obousměrný. Pokud dojde k onemocnění, tělo si vyloženě vyžádá více spánku a tím bojuje proti dané nemoci. Dojde-li však k omezení spánku, imunitní systém bude výrazně náchylnější k onemocnění než za předpokladu spánku bez omezení (Walker, 2018).

### *Fyzická stránka*

Z hlediska fyzické stránky narušuje spánková deprivace kardiovaskulární systém a to tak, že díky nárůstu stresového hormonu kortizolu dojde k zrychlení srdečního tepu a ke zvýšení krevního tlaku. Krátká doba spánku (<7 hodin) je spojena s obezitou, cukrovkou a zvýšením BMI (index tělesné hmotnosti), což způsobuje snížené množství leptinu a naopak zvýšený obsah ghrelinu (Chokroverty, 2010). Významná studie Kripkeho et al. (1979) dokazuje, že u dospělých spících méně než 4 hodiny ve srovnání s jedinci spících v průměru 7,5-8 hodin, nastává větší pravděpodobnost úmrtí spojené s onemocněním koronárních tepen, rakovinou či cévní mozkovou příhodou. Kripke et al. (2002) potvrdili toto zjištění další studií o několik let později. V této studii došli opět k závěru, že u jedinců, spících méně než 7 hodin za noc dochází k zvýšení úmrtnosti.

### **2.2.2 Poruchy spánku**

Porucha spánku by se měla brát stejně vážně jako cévní mozková příhoda či infarkt myokardu. Jedná se o vážné zdravotní riziko, kdy nediagnostikovaná nebo neléčená porucha spánku může mít katastrofální následky stejně jako výše uvedené choroby (Chokroverty, 2009). Existuje mnoho poruch spánku, avšak k nejčastějším z nich patří insomnie, somnanbulismus, narkolepsie a poruchy cirkadiánní rytmicity. Do poruch cirkadiánní rytmicity spadá:

- syndrom změny časových pásem,
- syndrom zpožděné a předsunuté fáze,
- porucha spánku při směnném provozu
- nepravidelný cyklus spánek-bdění
- rytmus odlišný od 24hodinové cirkadiánní rytmicity (Moráň, 2009).

Insomnií neboli nespavostí trpí osoby, které nemohou spát i přes to, že mají na spánek dostatek času, vnímají spánek jako obtížný, nedostatečný, krátký nebo přerušovaný. Tito lidé nejsou vyspalí z kvantitativního či kvalitativního hlediska (Moráň, 2009). Rozlišujeme dva druhy insomnie: nespavost, kdy jedinec není schopen usnout a nespavost, kdy jedinec není schopen ve spánku setrvat (Walker, 2018).

Další velmi častou spánkovou chorobou je somnanbulismus neboli náměsíčnost, která je typická spíše u dětí a ustane do 15 let. Jedná se o poruchu, u které osoba vykonává nějaký druh pohybu (Moráň, 2009). Patří sem např. náměsíčná chůze, mluvení nebo jezení. K těmto jevům dochází v NREM spánku, tedy spíše v první části noci, kdy jedinec nespí, ale není ani vzhůru (Walker, 2018).

Narkolepsie je onemocnění, které je charakteristické nepotlačitelnou ospalostí během dne. Jedinec náhle usíná během dne a po krátkém spánku se probudí dobře odpočínutý a plně aktivní. V noci však spí neklidně a neuspokojivě (Moráň, 2009).

### **2.2.3 Doporučení pro lepší a zdravý spánek**

1. Pravidelnost. V první řadě by se měla dodržovat každodenní rutina, která zahrnuje pravidelné ulehávání do postele každou noc a pravidelné ranní vstávání ve stejnou dobu. A to platí zejména i o víkendech, kdy se snaží lidé často dospávat chybějící spánek z týdne (Rountree, 2011). Ten však plně nenahradí spánek, o který se lidé ochudí během týdne (Walker, 2018).



2. Rituál. Pokuste se najít nějakou uklidňující činnost, kterou budete mít spojenou se spánkem a může vám pomoci usnout. Může to být např. horká koupel, čtení knihy, bylinkový čaj nebo meditace. Důležité není to, co děláte, ale doba, ve kterou tuto aktivitu provozujete a budete ji mít spojenou se spánkem (Rountree, 2011).
3. Ložnice. Místo, ve které nacházíme útočiště pro spánek by mělo být tiché, chladné, bez jakéhokoliv elektronického zařízení a mělo by plnit především funkci relaxační (Rountree, 2011, Shepherd, 2013).
4. Kofein. Káva může znesnadnit usínání kvůli obsahu kofeinu. Je tedy lepší se vyvarovat požívání kávy v odpoledních hodinách z důvodu přetrvání jejich účinků až několik hodin (Walker, 2018).
5. Alkohol. Alkoholické nápoje mohou také narušit kvalitu spánku, proto bychom se měli vyhnout jejich požívání před spaním (Rountree, 2011).
6. Cvičení. Pokud je to možné, neměli bychom cvičit v pozdních hodinách. Tělo se poté není schopno uvolnit a přejít do spánku (Rountree, 2011). Před spánkem bychom měli spíše odpočívat, než se věnovat náročným aktivitám (Walker, 2018).
7. Sluneční světlo. Tento faktor ovlivňuje a reguluje pravidelné vzory spánku. Walker (2018) doporučuje se vystavit minimálně 30 minut slunečnímu světlu.

## 2.3 Spánek a sport

Z hlediska sportu patří spánek k pasivnímu odpočinku v rámci zotavení, musí být však dostatečně dlouhý a kvalitní (Perič & Dovalil, 2010). Pravidelný spánek napomáhá také adaptaci na sportovní trénink a četným regeneračním procesům. Je těžké stanovit přesný počet hodin, které by měly být vymezené na spánek v noci, ale obecné doporučení u dospělého člověka je 7-9 hodin spánku za noc (Hirshkowitz et al., 2015). Shepherd (2013) doporučuje sportovcům usilovat alespoň o 8 hodin kvalitního spánku. Také Roberts et al. (2019) zmiňují více než 8 hodin spánku za noc pro optimalizaci sportovního výkonu. Tuto hodnotu však i přes její doporučení velká část populace nesplňuje. Nejen u sportovců, kteří nenaspí 8 hodin a více, může dojít ke snížení maximální a průměrné svalové síly, rychlejšímu zakyselení, snížení míry okysličení krve, narušení termoregulační schopnosti těla a omezení aerobního výkonu (Walker, 2018).

Sportovci však nejsou často schopni dosáhnout doporučovaného množství spánku zejména během soutěžního období nebo během samotných tréninků. Oproti předchozím nocím je spánek právě v noci soutěže výrazně narušen. Předsoutěžní spánek je zhoršen zejména v důsledku brzkých časů odjezdů či odletů na cesty se soutěží spojené, nervozitou před soutěží, jet lagem či nadmořskou výškou. Během tréninků je spánek narušen převážně faktory jako časnými ranními tréninky a zvýšenou tréninkovou zátěží, (Roberts, Teo, & Warmington, 2019). Především letecká doprava přes několik časových pásem vystavuje sportovce k posunutí vnitřních biologických hodin. Výsledkem je desynchronizace cirkadiánního rytmu, který trvá do té doby, než si tělo zvykne na nové podmínky daného prostředí. Trenéři a sportovní lékaři by tak měli věnovat zvýšenou pozornost optimalizaci biorytmů. Nedostatečná synchronizace cirkadiánních rytmů po cestování může mít negativní dopad zejména na velkých mezinárodních soutěží. K nejčastějším příznakům patří poruchy spánku, potíže se soustředěním, podrážděnost, deprese, únava, dezorientace a ztráta chuti k jídlu (Manfredini et al., 1998, Shephard, 1984).

Je tedy především na trenérech, aby povědomí o důležitosti spánku šířili mezi sportovce a pracovali tak společně na schopnosti získat potřebné množství spánku, udržovat pravidelný spánkový režim a vytvářet optimální prostředí pro spánek (Walters, 2012). Sami sportovci by se také měli zamyslet nad svými spánkovými návyky a zvážit používání spánkových deníků či přístrojů pro sledování jejich spánku. V dnešní době

existuje celá řada nejrůznějších zařízení, která sportovcům pomáhají monitorovat jejich spánek (Turner et al., 2016).

### ***2.3.1 Sportovní trénink***

Roberts et al. (2019) ve své studii, které se účastnilo 13 středně trénovaných cyklistů a triatlonistů trénujících alespoň 3krát týdně, došli k závěru, že sportovci nebyli schopni dosáhnout doporučené hodnoty spánku během tréninku a soutěžního období. Spánek byl v tomto období narušen, a to z hlediska brzkých ranních tréninků, zvýšenou tréninkovou zátěží, jet lagem, různým časem odletů nebo nadmořskou výškou. Při sestavování tréninkového plánu by měli trenéři brát v potaz důležitost spánku především při plánování brzkých ranních tréninků, které zkracují dobu spánku a zároveň zvyšují úroveň únavy před samotným tréninkem (Sargent et al., 2014). Ve své knize se k ranním tréninkům vyjádřil také Walker (2018). Nejdůležitější fází pro učení motorické dovednosti je 2. fáze během NREM spánku, a to zejména v posledních dvou hodinách před probuzením. Pokud půjde sportovec spát např. v 11 hodin večer, pro motorické učení bude konkrétněji nejdůležitější rozpětí spánku od 5 do 7 hodin ráno. A právě v těchto ranních hodinách začínají trénink někteří sportovci. Jejich trenéři jim tak ubírají z nejdůležitější fáze spánku pro rozvoj motorické paměti v mozku, která zdokonaluje jejich výkon.

### ***2.3.2 Sportovní výkon a výkonnost***

Spánek neovlivňuje pouze zotavení, ale také schopnost podávat sportovní výkony. Optimalizace spánku může mít významný vliv na výkon, a to u různých sportovních aktivit (Watson, 2017). Pokud sportovec nemá dostatek spánku, zpomalí se jeho motorické reakce, což může následně ovlivnit jeho sportovní výkon. Spánková deprivace může přispívat ke špatné výkonnosti prostřednictvím snížené motivace a sportovec může vnímat větší vynaložené úsilí (Turner et al., 2016). Sportovci by měli sledovat své spánkové návyky, protože narušený spánek může být indikátorem přetrénování. Sledovat by měli zejména počet naspaných hodin, kvalitu spánku a to, jak se cítí během celého dne. Informace o spánku sportovce by měl vědět i jeho trenér, na jejichž základě může určit například velkou tréninkovou zátěž. Stanovení optimální zátěže poté může pomoci sportovci se spánkovými problémy (Rountree, 2011).

Výdrž (čas do fyzického vyčerpání) klesne v rozmezí od 10-30 %, omezí se aerobní výkon a klesne výbušná síla dolních končetin, pokud sportovec nespí 6 a méně hodin za noc. Při ztrátě spánku je zhoršena také schopnost těla termoregulace, která je důležitá pro sportovce při podání výkonu. Díky ní se během pohybové aktivity tělo ochlazuje pomocí potu (Walker, 2018). Chase et al. (2017) zkoumali vliv částečné spánkové deprivace na sportovní výkon u sedmi rekreačních cyklistů trénujících alespoň 2krát týdně, jejichž výsledkem bylo snížení výkonu o 4 %.

Nedostatek spánku ovlivňuje nejen sportovní výkon, ale také chuť k jídlu. Pocit hladu a chuť k jídlu byly sníženy po noci spánkové deprivace u 12 elitních fotbalistek z Premiere League of Iran (Uykusu & Fiziksel, 2019).

Mah, Mah, Kezirian a Dement (2011) zkoumali vliv prodlouženého spánku, kdy došli k výsledkům, že pravděpodobně tento zkoumaný jev přispívá ke zlepšení sportovního výkonu, reakční doby, denní ospalosti a také nálady sportovce. Došli k závěru, který naznačuje, že pouze za předpokladu optimálních spánkových návyků a dostatečného spánku může dojít ke špičkovému výkonu.

### *Biorytmus a výkon*

Za biorytmus považujeme takový děj, který se opakuje. Hrají v tělo člověka důležitou roli, a to jako vnitřní hodiny, kterým bychom měli naslouchat. Biorytmy člověku umožňují koordinaci fyziologických procesů a přesné načasování vnějších událostí. Bdění je jedním ze základních tělesných rytmů u člověka. Jedná se o cyklus střídání spánku a bdění. Po probuzení se tělesná teplota člověka po celý den zvyšuje. Tento jev souvisí se zlepšenou reakční rychlostí, svalovou silou, vnímané úsilí klesá a je zároveň lépe tolerováno a únava se snižuje. Vrchol tělesné teploty těla je v pozdních odpoledních hodinách (kolem 4 hodiny odpoledne) (Shephard, 1984).

Pokud se jedná o sportovní výkon, za nejlepší vhodnou dobu na jeho podání je tedy považováno pozdní odpoledne. Reilly a Walsh (1981) došli k závěru, že pohyb fotbalistů na hřišti dosáhl vrcholu v 5 hodin odpoledne. Načasování jak samotných tréninků, tak i sportovních soutěží je velice důležité.

Trenéři a sportovní lékaři by měli sledovat a zabývat se také optimalizací biorytmů u svých svěřenců. Obzvlášť důležité je poskytnutí dostatečného času na synchronizaci biorytmů po cestování přes časové pásma (Shephard, 1984).

### ***2.3.3 Kognitivní funkce***

Walters (2002) uvádí, že při sportu se nedostatek spánku projeví neschopností logicky uvažovat a efektivně se rozhodovat. Sportovci tak budou potřebovat delší čas na zpracování a integraci informací než při plnohodnotném spánku. Dinges (1995) ve své studii uvedl zhoršení reakční doby o 10 % u nevyspalého jedince, což by mohlo znevýhodnit sportovce při podání výkonu, kde právě setiny sekundy rozhodují o prvním a druhém místě. Jedná se např. o všechny sportovní hry, sprint na 100 m nebo plavání na 50 m. Spousta vědeckých studií se zabývá vztahem kognitivních funkcí a spánku spíše u nesportovců. Můžeme z nich však odvodit negativa i pro sportovce učící se novým dovednostem nebo strategiím. Obzvláště ve sportovních hrách je důležitý spánek z hlediska učení, zapamatování a osvojení nových vzorců (Halson & Juliff, 2017).

### ***2.3.4 Sportovní úrazy***

Samotní sportovci a samozřejmě i jejich trenéři a manažeři profesionálních týmů se obávají sportovních úrazů a zranění. Studie postupně dokazují, že i na tyto aspekty má vliv spánek (Walker, 2018).

Především u mladých sportovců můžeme pozorovat narušení spánkového režimu z hlediska ranních tréninků a plánů. Sportovci, kteří spali v průměru méně než 8 hodin za noc, měli 1,7krát větší pravděpodobnost, že utrpí zranění ve srovnání se sportovci, kteří spali více než 8 hodin za noc. Nedostatek spánku vede tedy k vyššímu riziku úrazů u sportovců (Milewski et al., 2014). Ve své studii autor uvádí procentuální pravděpodobnost zranění po dobu 21 měsíců na základě hodin spánku. Při šesti hodinách spánku za noc odpovídá tato hodnota 75 % a postupně klesá s přibývajícimi hodinami spánku. V případě 8 hodin spánku je 35 % pravděpodobnost zranění a u 9 hodin klesá hodnota na 15 %. Také Watson (2017) se shoduje, že špatný spánek může navýšit riziko zranění a nemoci.

### **3 CÍLE**

#### **Hlavní cíl**

Hlavním cílem této bakalářské práce je vytvořit systematický přehled randomizovaných kontrolovaných studií zkoumajících vliv spánkové deprivace na sportovní výkon, výkonnost a kognitivní funkce.

#### **Dílčí cíle**

- 1) Popsat nejčastější faktory, které ovlivňují spánek.
- 2) Zjistit, jakou roli hraje spánek ve sportovním tréninku.

#### **Výzkumné otázky**

- 1) Má spánková deprivace negativní vliv na sportovní výkon a výkonnost?
- 2) Má spánková deprivace negativní vliv na kognitivní funkce?
- 3) Vnímají sportovci větší vynaložené úsilí po noci se spánkovou deprivací než po noci s běžným spánkem?

## 4 METODIKA

Přehled studií byl vytvořen v únoru 2023. K vyhledávání byla využita databáze PUBMED. Zde byly vyhledávány randomizované kontrolované studie týkající se vlivu spánkové deprivace na sportovní výkon, výkonnost a kognitivní funkce. Randomizovaná kontrolní studie (dále RCT) je druh klinické studie, který se používá pro hodnocení účinnosti různých intervencí nebo postupů. Účastníci studie se náhodně rozdělí do dvou skupin. První skupina (testovací) je vystavena testované intervenci, druhé skupině (kontrolní) je podáno placebo nebo standardní postup.

Vyhledávací strategie byla vytvořena za využití nástroje PICO (patient/populace/problém, intervence, komparace – comparison, výsledek - outcome). Jako klíčová slova pro vyhledávání populace byla zvolena: athlete, sportsman, cyclist, competitive, player, active, physical. Pro charakteristiku intervence byly zvoleny termíny: sleep deprivation, sleep restriction. Mezi termíny charakterizující výstup (outcome), podle kterého bude zvolen efekt intervence, byly zvoleny: performance, perceived exertion, time trial, cognitive function, motoric skills, reaction time. Po zadání klíčových slov bylo nalezeno celkem 2677 studií. Po specifikaci designu studie na randomizovanou kontrolovanou studii zbylo 259 studií. Před specifikací na RTC byla přidána omezení na free full text (plný text zdarma), english (anglický jazyk), last 20 years (posledních 20 let) 2003-2023.

Po expertním posouzení podle názvu studií zbylo 49, kdy k následnému posouzení prošly i takové studie, které svým názvem nasvědčovaly tomu, že se dané problematice věnují. Prošly také studie, u kterých nebylo zřejmé, zda vyhovují či nikoli, a byly následně posouzeny na základě analýzy celého textu. Celkem 210 studií nevyhovovalo typem intervence (70 %) a výstupem (30 %). Podle abstraktu bylo následně vyřazeno dalších 23 studií a zbylých 26 studií bylo posouzeno podle textu. Konečný počet studií pro finální analýzu činil 14. Kompletní postup výběru studií je ilustrován na obrázku 3.

Konečný výběr RCT byl detailně analyzován, viz tabulka 2 a kapitola 5.1.

**Tabulka 1**

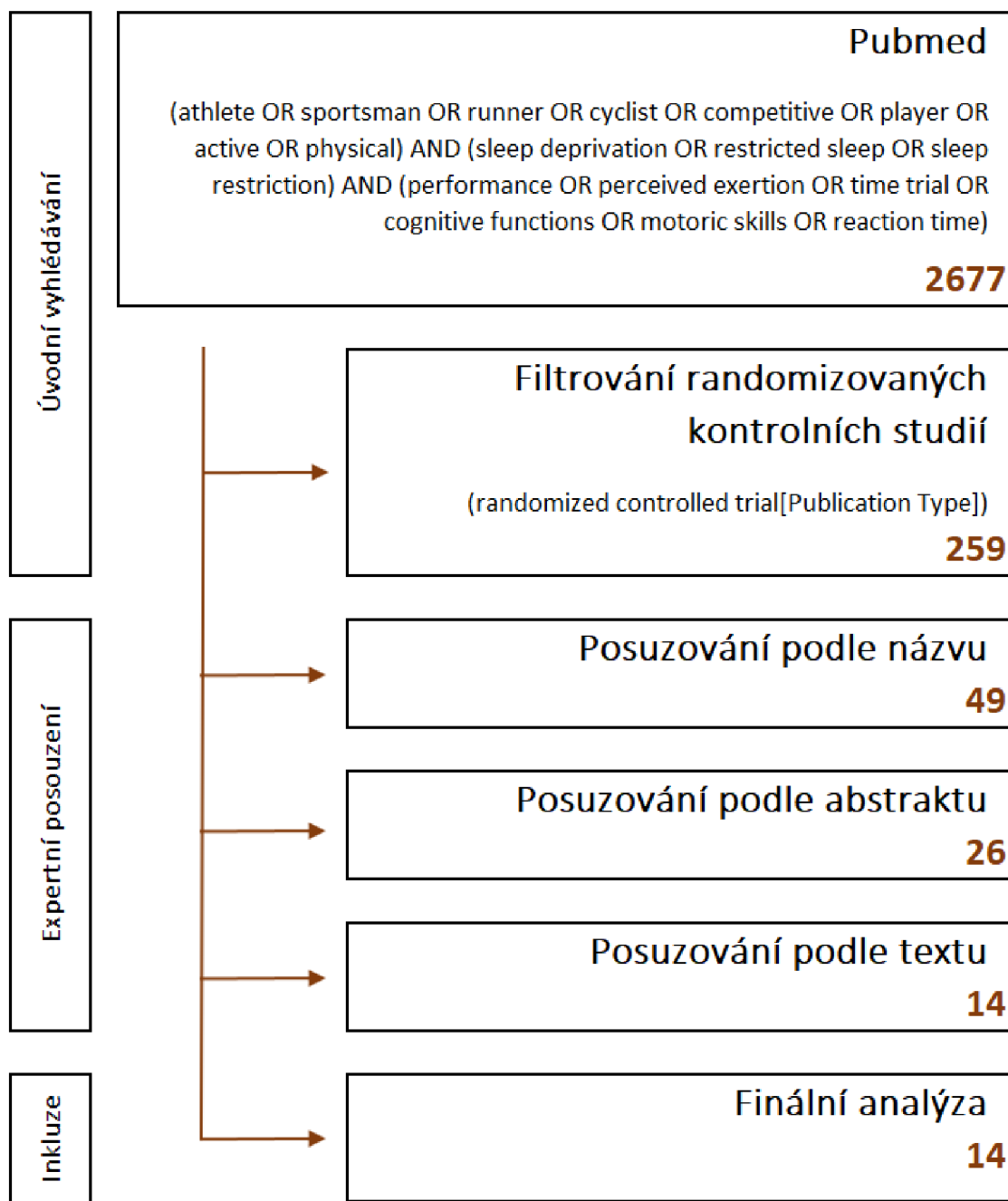
*Vyhledávání strategie vytvořená pomocí nástroje PICO*

<b>P (participanti)</b>	<b>I (intervence)</b>	<b>C (komparace)</b>	<b>O (výstup)</b>	<b>S (design studie)</b>
P1 athlete	I1 sleep deprivation		O1 performance	S1 randomized controlled trial[ptyp]
333 063	13 151		3 732 350	522 038
P2 sportsman	I2 sleep restriction		O2 perceived exertion	
242	5 873		8863	
P3 runner			O3 time trial	
10 636			442306	
P4 cyclist			O4 cognitive function	
5 540			375032	
P5 competitive			O5 motoric skills	
257 242			37911	
P6 player			O6 reaction time	
71 477			369034	
P7 active				
5 184 763				
P8 physical				
2 036 534				
<b>P = P1 OR P2 OR P3 OR P4 OR P5 OR P6 OR P7 OR P8</b>	<b>I = I1 OR I2</b>		<b>O = O1 OR O2 OR O3 OR O4 OR O5 OR O6</b>	
6 910 848	17 813		4 533 952	
<b>Celkem:</b>	<b>P AND I AND O AND S</b>			<b>259</b>



### Obrázek 3

Postup při vyhledávání studií pro finální analýzu



## 5 VÝSLEDKY

V databázi PUBMED bylo nalezeno celkem 2677 studií, z nichž byly vyfiltrovány pouze randomizované kontrolované studie (259), které byly podrobeny další analýze relevantnosti podle názvu a abstraktů. Po posouzení podle názvu zbylo 49 studií a po posouzení podle abstraktu zbylo 26 studií. Následovalo posuzování podle textu, kdy k finální analýze bylo určeno 14 studií. Popis tvorby vyhledávací strategie je uveden v tabulce 1 a analýza studií je uvedena na obrázku 3.

### 5.1 Charakteristika vybraných studií

V tabulce 2 jsou uvedeny všechny základní informace charakterizující studie určené k finální analýze. Pro větší porozumění studiím a seznámení se s nimi jsou uvedeny informace o autorovi, roku a názvu časopisu, kde byla studie publikována. Dále je uveden cíl studie a počet citací podle Google Scholar k 13. únoru 2023.

V tabulce 3 jsou uvedeny všechny informace týkající se výzkumných souborů, na nichž byl proveden výzkum. V tabulce je uveden počet probandů, jejich pohlaví, věk a výkonnostní charakteristiky.

Tabulka 4 znázorňuje design studií a obsahuje typ spánkové deprivace, délku trvání intervence, průběh a typ zatížení. Tabulka 3 a 4 jsou nutné jako kontext pro správnější a přesnější chápání výsledků a také pro vyvození lepších závěrů.

Tabulka 5 obsahuje souhrn výsledků analyzovaných studií. Pro lepší srovnání jsou výsledky uváděny v procentech, pokud byla v práci uvedena. Pro jednoduché zorientování je v posledním sloupci dané tabulky uvedeno grafické znázornění výstupu. Šipka směřující dolů značí pokles, naopak šipka směřující vzhůru značí nárůst, pomlčka značí nepozorované změny a pokud se studie daným atributem nezabývala, pole je prázdné.

### 5.2 Charakteristika účastníků studií

Čtrnácti analyzovaných studií se účastnilo celkem 195 osob, z nichž bylo 184 mužů a 11 žen. Věkové rozmezí participantů studií se pohybovalo mezi 15-39 lety. Ve čtyřech případech se jednalo o trénované sportovce, ve třech případech se jednalo o rekreační sportovce a ve čtyřech případech se jednalo o amatérské hráče. Ve třech případech se jednalo o studenty tělesné výchovy.

### 5.3 Design studií

U všech uvedených studií se jedná o randomizované kontrolované studie, což znamená, že vedle výzkumné intervenční skupiny vstupuje do výzkumu také skupina kontrolní, která napomáhá hodnocení efektu intervence. Rozřazení do skupin bylo provedeno náhodně. Intervencí ve všech studiích byla spánková deprivace, ta se však lišila svým typem (úplná, částečná nebo kombinovaná spánková deprivace). V 9 studiích se jednalo o úplnou spánkovou deprivaci, kdy zkoumaní jedinci byli vzhůru po celou noc. Ve 4 studiích účastníci absolvovali částečnou spánkovou deprivaci, což představovalo několik hodin spánku, poté probuzení a probdění zbytku noci. V jedné studii se jednalo o kombinovanou spánkovou deprivaci, kdy účastníci absolvovali tři iterace výzkumu (spánek bez omezení, částečná spánková deprivace a úplná spánková deprivace). Protože studie měly odlišný typ spánkové deprivace a jiný počet testování, trvaly různou délkou od 2 dnů až po měsíc. U všech intervencí byly uvedeny různé typy zatížení, jednotlivé cviky jsou uvedeny v tabulce 4. Zpravidla byl použit typ zatížení odpovídající danému sportu ve výkonnostní rovině, kognitivním funkcím a v některých studiích bylo uvedeno také vnímané úsilí samotného účastníka.

### 5.4 Porovnání vybraných studií

Při srovnání výstupů jednotlivých studií můžeme shledat negativní vliv spánkové deprivace na sportovní výkon a výkonnost. Jedenáct studií potvrzuje negativní vliv jak již částečné či úplné spánkové deprivace a pouze dvě studie v tomto ohledu nezaznamenaly žádné změny. Z těchto jedenácti studií udává devět studií pokles dané výkonnosti v procentech, a to v rozmezí od 2,7-11,4 %, u dvou studií není uveden pokles výkonnosti v procentech.

V oblasti kognitivních funkcí při spánkové deprivaci šest studií potvrzuje jejich zhoršení, u ostatních studií tyto funkce nebyly měřeny. Nelze tedy s jistotou tvrdit, kvůli nedostatku informací, že má spánková deprivace negativní vliv na kognitivní funkce u sportovců. Ve čtyřech studiích účastníci hodnotili větší vnímané úsilí při podání výkonu po spánkové deprivaci než u výkonů po běžném spánku. Dvě studie neshledaly žádné změny ve vnímaném úsilí a ostatní studie se tímto faktorem nezabývaly. Proto nemůžeme opět s jistotou potvrdit, zda sportovci po spánkové deprivaci vnímají větší úsilí při podání stejného výkonu akorát po noci s normálním spánkem. Pro potvrzení či vyvrácení jsou potřeba další studie.

**Tabulka 2**

*Přehled studií určených k finální analýze, \*počty citací k 13. 2. 2023 z Google Scholar*

<b>Autor</b>	<b>ID</b>	<b>Cíl studie</b>	<b>Časopis</b>	<b>Počet citací</b>
<b>Roberts et al. (2019)</b>	S1	Efekt totální spánkové deprivace na vytrvalostní výkonnost a srdeční frekvenci.	Journal of Sports Sciences	22
<b>Taheri et al. (2012)</b>	S2	Vliv jedné noci spánkové deprivace na aerobní výkon a reakční dobu ráno následujícího dne.	Asian Journal of Sports Medicine	185
<b>Romdhani et al. (2021)</b>	S3	Efekt úplné spánkové deprivace a následného zotavovacího spánku na obratnost u studentů tělesné výchovy.	Journal of Strength and Conditioning Research	21
<b>Skein et al. (2013)</b>	S4	Vliv úplné spánkové deprivace na zotavení po ligovém zápase v ragby.	International Journal of Sports Physiology and Performance	119
<b>Chase et al. (2017)</b>	S5	Vliv částečné spánkové deprivace na těžkou zátěž v podobě cyklistické časové zkoušky.	Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism	51
<b>Souissi et al. (2020)</b>	S6	Účinky částečné spánkové deprivace na běžeckou výkonnost.	Physiology & Behavior	13
<b>Temesi et al. (2013)</b>	S7	Prozkoumat, zda dochází ke zvětšení centrální únavy po noci s úplnou spánkovou deprivací u vytrvalostních sportovců.	Medicine & Science in Sports & Exercise	116
<b>Moore et al. (2018)</b>	S8	Vliv 24hodinové spánkové deprivace na aerobní výkon a vliv suplementace kofeinu na aerobní výkon.	Sleep Science	14
<b>Souissi et al. (2003)</b>	S9	Vliv spánkové deprivace na aerobní výkon ráno a večer následujícího dne u studentů tělesné výchovy.	European Journal of Applied Physiology	240
<b>Roberts et al. (2019)</b>	S10	Účinky tří po sobě jdoucích dnů prodlouženého spánku nebo částečné spánkové deprivace na vytrvalostní cyklistický výkon.	Medicine & Science in Sports & Exercise	41
<b>Pallesen et al. (2017)</b>	S11	Účinky spánkové deprivace na fotbalové dovednosti.	Perceptual and Motor Skills	44
<b>Oliver et al. (2009)</b>	S12	Určit, zda jedna noc spánkové deprivace zhorší 30minutový vytrvalostní výkon a změni kardiorespirační, termoregulační a percepční reakce na cvičení.	European Journal of Applied Physiology	263

**Tabulka 2**  
*Pokračování*

<b>Autor</b>	<b>ID</b>	<b>Cíl studie</b>	<b>Časopis</b>	<b>Počet citací</b>
<b>Filipas et al. (2021)</b>	S13	Vliv částečné spánkové deprivace a mentální únavy na trestné hody v basketbalu.	International Journal of Sports Physiology and Performance	24
<b>Cullen et al. (2019)</b>	S14	Vliv úplné a částečné spánkové deprivace na více aspektů atletické výkonnosti.	Journal of Sports Sciences	21

**Tabulka 3***Přehled charakteristik populace jednotlivých studií*

ID	N	Pohlaví	Věk [rok]	Výkonnostní charakteristiky
S1	13	13M	33 ± 6	Středně trénovaní cyklisté a triatlonisté, ≥ 3 tréninků za týden, ≥ 1 rok soutěžního závodění.
S2	18	18M	22 ± 1,1	Vysokoškolští studenti tělesné výchovy, cvičící 4-9 hodin týdně.
S3	22	11M, 11Ž	M: 21,3 ± 0,8; Ž: 20,5 ± 0,9	Studenti tělesné výchovy, dobře trénovaní ve sportech vyžadujících obratnost (basketbal a tenis).
S4	11	11M	20,4 ± 2,5	Amatérští hráči ragby.
S5	7	7M	24 ± 7	Rekreační cyklisté, ≥ 2 tréninky za týden.
S6	20	20M	20,8 ± 1,1	Běžci ≥ 5letou zkušeností se závoděním na celostátní úrovni, ≥ 4x tréninků za týden po 3 hodinách.
S7	12	12M	28 ± 9	Vytrvalostní sportovci s 11 ± 9 lety zkušeností. Trénují 5 ± 3krát týdně.
S8	11	11M	25 ± 4	Amatérští sportovci pravidelně se zúčastňující sportovních zápasů.
S9	13	13M	22,4 ± 2,4	Studenti tělesné výchovy.
S10	9	9M	30 ± 6	Trénovaní cyklisté nebo triatlonisté, ≥ 3 tréninků za týden, ≥ 1 rok soutěžního závodění.
S11	19	19M	16,5 ± 1,3	Juniorští fotbalisté místního fotbalového klubu.
S12	11	11M	20 ± 3	Rekreačně aktivní muži.

**Tabulka 3**  
*Pokračování*

ID	N	Pohlaví	Věk [rok]	Výkonnostní charakteristiky
S13	19	19M	20 ± 3	Amatérští hráči basketbalu.
S14	10	10M	27 ± 6	Rekreačně aktivní muži.

*Poznámka: N = počet probandů, M = muž, Ž = žena*

**Tabulka 4***Přehled designů analyzovaných studií*

ID	Typ SpD	Délka	Průběh	Typ zatížení*
S1	úplná	6 dní	První dvě noci monitorovaný spánek bez omezení, 3. den probíhá první měření a v noci kontrovaná SpD, 4. den proběhlo druhé měření, další dvě noci opět monitorovaný spánek bez omezení.	Incremental test on cycle ergometer.
S2	úplná	5 dní	První tři noci měli účastníci spánek bez omezení, první měření proběhlo čtvrtý den, poté noc s úplnou SpD následovaná druhým měřením.	Wingate test, reaction Time test.
S3	úplná	3 dny	První noc spánek bez omezení, po probuzení měření v 7:00 a v 17:00, poté noc s úplnou SpD následovaná dalším měřením v 7:00 (24 h SpD) a v 17:00 (36 h SpD). Další noc zotavovací spánek a jedno měření v 17:00.	Repeated modified agility T-test (RMAT).
S4	úplná	2 dny	První noc spánek bez omezení, v 16:00 proběhlo utkání v ragby, měření probíhalo v 8:00 (ráno před zápasem), 10–20 minut po zápase, 2 hodiny po zápase a v 8:00 ráno následujícího dne po noci úplné SpD.	CMJ, modified version of Stroop color-word test.
S5	částečná	2 dny	První den po spánku bez omezení proběhlo večerní měření, následuje noc s částečnou SpD (2,4h spánku), další den ráno proběhlo 2. měření.	3 km time trial on cycle ergometer.
S6	částečná	5 dní	První měření po spánku bez omezení proběhlo 1. den odpoledne následuje noc s částečnou SpD ( $\leq 4$ h), 2. měření proběhlo odpoledne druhého dne ve stejný čas. Po 3 dnech došlo k opakování.	12 min. self-paced run, SRT, CRT.
S7	úplná	5 dní/6 týdnů	1-2 týdny před začátkem testu proběhlo předběžné měření (pro jízdu na cyklistickém ergometru do vyčerpání). První den po spánku bez omezení proběhlo 1. měření (kognitivní funkce), poté noc úplné SpD následovaná 2. měřením (stejně jako první měření + jízda do vyčerpání). Po 2-4 týdnech došlo k opakování.	Cycling test to task failure on cycle ergometer, Simon task.
S8	úplná	3 týdny	Celkem 3 měření: 1. po spánku bez omezení, 2. po noci s úplnou SpD a 3. také po noci s úplnou SpD se suplementací buď placebo nebo kofeinu.	Vertical jump height test, 20-metre straight sprint test, Illinois speed agility test, 5-metre shuttle run test.



**Tabulka 4**  
Pokračování

ID	Typ SpD	Délka	Průběh	Typ zatížení
S9	úplná	2 týdny	První dvě měření po spánku bez omezení v 6:00 a v 18:00, následuje týden pauza, poté noc s úplnou SpD a další dvě měření ve stejný čas.	Force-velocity test, Wingate test.
S10	částečná	≤ 31 dní	První dvě noci účastníci dodržují svůj přirozený spánkový rozvrh, 3. den proběhlo první měření po spánku bez omezení, následující 3 noci mají: prodloužený (8,6±1 h), zkrácený (4,7±0,8h) nebo standardní spánek (7,1±0,8h) a měření probíhá každý den dopoledne. Minimálně po 7 dnech se experiment opakuje s rozdílnou metodou spánku.	Time trial on cycle ergometer.
S11	úplná	9 dní	První měření proběhlo dopoledne po spánku bez omezení, následovala 7 dní pauza a poté noc s úplnou SpD, další měření provedeno dopoledne ve stejný čas.	Soccer skills (juggling, dribbling, ball control, continuous kicking, 20 and 40 m sprint, and 30 m sprint with changes of direction. 30 min. Self-paced run on treadmill in order to reach max. distance.
S12	úplná	9 dní	První měření proběhlo po spánku bez omezení ve 12:00, následovala 7 dní pauza, poté noc s úplnou SpD a další měření následující den ve stejný čas.	
S13	částečná	9 dní	První měření proběhlo po spánku bez omezení, poté 7 dní pauza, následovala noc s částečnou SpD (≤ 5 hodin spánku) a 2. měření další den.	Basketball Free-throw.
S14	kombinovaná	17 dní	3 skupiny: spánek bez omezení (7,8±0,7h), částečná SpD (3,6±0,4h) a úplná SpD. Měření probíhá vždy ráno po noci strávené spánkem odpovídající dané skupině, po 7 dnech dochází ke změně skupin.	Stroop test, CMJ, 15-min. self-paced time trial on cycle ergometer.

Poznámka: SpD = spánková deprivace, CMJ = vertikální skok (countermovement jump), SRT = simple reaction time, CRT = choice reaction time

\* názvy cviků ponechány pro přesnost v původním znění

**Tabulka 5***Výsledky analyzovaných studií*

ID	Výsledky	Výkonnost	KF	VÚ
S1	Naměřený čas po noci s úplnou SpD byl pomalejší (o 10 %) než výsledný čas bez SpD. Účastníci pozorovali vyšší míru vynaloženého úsilí u testování po SpD. Průměrný výkon ve wattech při testu po SpD byl nižší (o 7 %).	↓		↑
S2	SpD neovlivnila anaerobní výkon, ale nepříznivě ovlivnila reakční dobu (o 15,4 %).	–	↓	
S3	Měření prokázalo vliv SpD na výkon v testu. Při obou měřeních po SpD došlo k poklesu výkonnosti a účastníci vnímali vyšší vynaložené úsilí. Po zotavovacím spánku naměřené hodnoty dosahují úrovní z prvního měřicího dne (bez SpD).	↓		↑
S4	Procentuální pokles při testování po noci s úplnou SpD byl zaznamenán jak u CMJ (špičkový o 5,7 %; průměrný o 4,4 %) tak u Stroop color-word testu (celkový čas o 0,8 %; CRT* o 3,2 %; IRT o 5,5 %).	↓	↓	
S5	Čas dokončení 3 km zátěžového testu měli všichni účastníci horší (o 4 %) po noci s částečnou SpD, stejně tak jako průměrný výkon ve wattech.	↓		
S6	V 12minutovém běhu dosáhli jedinci nižší vzdálenosti (o 6 %) po SpD. U SRT došlo ke zhoršení (o 6,6 %) po SpD a u CRT nebyl zjištěn výrazný rozdíl.	↓	↓	↑
S7	Čas jízdy do vyčerpání byl nižší (o 8,7 %) u jedinců po noci s úplnou SpD, zároveň vnímané vyvinuté úsilí bylo vyšší a reakční doba delší (o 8 %).	↓	↓	↑
S8	Ve všech prováděných testech neměla SpD významný vliv na aerobní výkon.	–		
S9	Anaerobní výkonnost byla mírně negativně ovlivněna po 36 hodinách bez spánku, ale nebyla významně ovlivněna po 24 hodinách bez spánku.	↓		
S10	Po druhé a třetí noci s omezeným spánkem byla výkonnost v časové zkoušce horší než s normálním (o 2,7 % - po druhé noci; o 5,6 % - po třetí noci) nebo prodlouženým spánkem (o 9,1 % po třetí noci). Změna ve vynaloženém úsilí nebyla zaznamenána.	↓		–

**Tabulka 5**  
*Pokračování*

ID	Výsledky	Výkonnost	KF	VÚ
S11	Mírný negativní vliv SpD byl zjištěn pouze u kontinuálních kopů na přesnost.		↓**	
S12	Po SpD kratší vzdálenost o 2,9 %, avšak vynaložené úsilí bylo vnímáno stejně.	↓		-
S13	Částečná SpD v kombinaci s mentální únavou mírně ovlivnila přesnost trestných hodů (o 7 %).	↓		
S14	Úplná SpD negativně ovlivnila aerobní výkonnost (o 11,4 %) a CMJ (o 10,9 %). Částečná SpD mírně negativně ovlivnila aerobní výkonnost (o 4,1 %) a CMJ (o 5,2 %). Reakční čas nebyl ovlivněn, ale přesnost reakcí byla mírně ovlivněna (o 2 %) úplnou SpD a (o 1 %) částečnou SpD.	↓	↓	

*Poznámka: KF = kognitivní funkce, VÚ = vynaložené úsilí, SpD = spánková deprivace, CMJ = vertikální skok (countermovement jump), IRT = incongruent word-color reaction time, SRT = simple reaction time, CRT = choice reaction time*

*\* CRT = congruent word-color reaction time*

*\*\* kontinuální kopací test vyžaduje určitou míru koncentrace a motorických dovedností, studie shledala negativní vliv SpD na tomto testu*

## 6 DISKUSE

Záměrem bakalářské práce bylo zjistit a vyhodnotit, zda má spánková deprivace vliv na sportovní výkon, výkonnost a kognitivní funkce. Z výsledků vyplývá, že jak už částečná, tak úplná spánková deprivace má negativní vliv na sportovní výkony a výkonnost.

Roberts et al. (2019), Romdhani et al. (2021), Skein et al. (2013), Temesi et al. (2013) a Oliver et al. (2009) došli ke stejnému závěru, že spánková deprivace má negativní vliv na sportovní výkon a výkonnost. Všechny tyto studie se zabývaly úplnou spánkovou deprivací. Souissi et al. (2003) ve své studii popisuje, že úplná spánková deprivace po 24 hodinách významně neovlivnila aerobní výkonnost, ale po 36 hodinách došlo již k mírnému negativnímu ovlivnění.

Signifikantní vliv na sportovní výkonnost měly zejména intervence ve vědeckých studiích S14 Cullen et al. (2019) a S1 Roberts et al. (2019). Ve studii S14 došlo ke zhoršení aerobní výkonnosti o 11,4 % po úplné spánkové deprivaci a o 4,1 % po částečné spánkové deprivaci, u vertikálního skoku (CMJ) došlo ke zhoršení o 10,9 % po úplné spánkové deprivaci a o 5,2 % po částečné spánkové deprivaci. Studie S1 využívala bicyklového ergometru, kde výsledný čas po úplné spánkové deprivaci byl o 10 % pomalejší než po noci s normálním spánkem.

Chase et al. (2017), Souissi et al. (2020), Roberts et al. (2019) a Filipas et al. (2021) se ve svých studiích zabývali pouze částečnou spánkovou deprivací. Došli však také ke stejnému závěru, že spánková deprivace negativně ovlivňuje sportovní výkon a výkonnost.

Oproti tomu Taheri et al. (2012) a Moore et al. (2018) nepozorovali žádné negativní vlivy spánkové deprivace u sportovních výkonů a výkonnosti.

Spánková deprivace působí nejen na podání výkonů sportovců, ale také na jejich kognitivní funkce, což se projeví negativně zejména u sportovních her a tam, kde je to nejvíce vyžadováno. U studie S2 Taheri et al. (2012) bylo zjištěno zhoršení kognitivních funkcí o 15,4 % pomocí reakčního testu se dvěma možnostmi volby (CRT), který byl proveden pomocí počítače a dvou joysticků. Dva čtverce byly zobrazeny na obrazovce počítače v úrovni očí. Když jeden ze čtverců změnil barvu, účastníci museli co nejrychleji reagovat pomocí příslušného joysticku. Skein et al. (2013), Temesi et al. (2013) a Cullen et al. (2019) uvádějí zhoršení kognitivních funkcí u spánkové deprivace za použití „Stroop color and word“ testu, také Souissi et al. (2020) došli ke stejnému závěru, avšak

pomocí SRT (tabulka 4). Pallesen et al. (2017) uvádí zhoršení kognitivních funkcí za použití psychomotorického testu pozornosti – PVT („Psychomotor vigilance task“).

U studií S1, S3, S6 a S7 bylo pozorováno během testování také vnímané úsilí sledované pomocí Borgovy škály RPE při podání výkonu po spánkové deprivaci. Všechny čtyři studie potvrzují větší vnímané úsilí. Avšak Roberts et al. (2019) a Oliver et al. (2009) podotýkají, že vnímané úsilí po spánkové deprivaci není vyšší než po noci s normálním spánkem.

Limitem práce je použití pouze jedné vyhledávací databáze a v tomto důsledku nemusely být nalezeny a analyzovány všechny studie týkající se této problematiky. Přínosnější by bylo také, kdyby se více studií věnovalo vlivu spánkové deprivace jak na výkon a výkonnost, tak na kognitivní funkce. Zároveň by bylo vhodné se v budoucích studiích zaměřit pouze na jedno sportovní odvětví.

## 7 ZÁVĚRY

- Na základě vytvořeného přehledu můžeme říci, že spánkové deprivace jak už částečná, tak úplná, má negativní vliv na sportovní výkon a výkonnost.
- Nejčastější faktory ovlivňující spánek jsou genetika, nepřírozené probuzení, práce na směny, elektronické zařízení, kofein, alkohol a jet lag.
- Ve sportovním tréninku hraje spánek zejména regenerační roli a pomáhá se adaptovat na sportovní zátěž.
- Vybrané studie potvrzují zhoršení kognitivních funkcí vlivem spánkové deprivace.
- Studie zkoumající vnímané úsilí po spánkové deprivaci naznačují, že dochází k jeho zvýšení.

## 8 SOUHRN

Spánkovou deprivaci můžeme chápat jako jev, který nastává při omezení spánku na kratší dobu, než je doporučeno. Odráží se negativně jak na psychice člověka, tak na fyzické výkonnosti. Záslouhou popularizace vědy se dostává spánek a jeho důležitost do povědomí obecné veřejnosti, sportovců a trenérů. Historicky vnímáme stoupající trend ve výkonech sportovců napříč odvětvími. Sportovci se snaží neustále zlepšovat a překonávat limity. Vzhledem k jednotlivým studiím je patrné, že optimální spánek je jedním z faktorů přispívající k maximalizaci výkonu.

Hlavním cílem bakalářské práce bylo zpracování systematického přehledu randomizovaných kontrolovaných studií věnující se vlivu spánkové deprivace na sportovní trénink a výkon.

Pro vyhledávání zdrojů byla použita databáze PUBMED, kdy byla vytvořena vyhledávací strategie za využití PICO metodiky. Kritériem inkluze byl mimo jiné design studie, kde byly vybrány pouze randomizované kontrolní studie. Takových studií bylo nalezeno 259, po posouzení podle názvu a abstraktu zbylo 26 studií, které byly následně posouzeny přečtením plného textu. K finální analýze bylo vybráno 14 studií.

Z 14 analyzovaných studií shledalo 11 negativní vliv na sportovní výkon a výkonnost, 6 negativní vliv na kognitivní funkce a u 4 studií účastníci nahlásili větší vnímané úsilí po spánkové deprivaci. Sportovci a trenéři by měli brát při sestavování tréninkového plánu v potaz individuální spánkové potřeby.

## 9 SUMMARY

Sleep deprivation can be understood as a phenomenon that occurs when sleep is restricted to a time shorter than recommended. It reflects negatively on both the person's psyche and physical performance. Thanks to the popularisation of science, sleep and its importance are becoming known to the general public, athletes and coaches. Historically, we have seen an upward trend in the performance of athletes across disciplines. Athletes are constantly striving to improve and push themselves beyond limits. Considering various studies, it is evident that optimal sleep is one of the factors contributing to maximizing performance.

The main objective of this thesis was to create a systematic review of randomized controlled trials addressing the effect of sleep deprivation on athletic training and performance.

The PUBMED database was used to search for sources, where a search strategy was developed using the PICO's methodology. Inclusion criteria included study design, where only randomized control trials were selected. A total of 259 studies were found, after evaluation by title and abstract, 26 studies remained, which were then assessed by reading the full text. For final analysis were selected 14 studies.

Of the 14 studies analysed, 11 found a negative effect on sports performance, 6 found a negative effect on cognitive function, and in 4 studies participants reported greater perceived effort after sleep deprivation. Athletes and coaches should take individual sleep needs into account when designing a training plan.



## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Arendt, J., & Skene, D. J. (2005). Melatonin as a chronobiotic. *Sleep Medicine Reviews*, 9(1), 25-39. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2004.05.002>
- Brown, E. N., Choe, Y. O. N. G., Shanahan, T. L., & Czeisler, C. A. (1997). A mathematical model of diurnal variations in human plasma melatonin levels. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 272(3), E506-E516. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1997.272.3.E506>
- Brzezinski, A. (1997). Melatonin in humans. *New England Journal of Medicine*, 336(3), 186-195. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJM199701163360306>
- Carskadon, M. A., & Dement, W. C. (2005). Normal human sleep: an overview. *Principles and Practice of Sleep Medicine*, 4(1), 13-23. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2004.01.001>
- Cullen, T., Thomas, G., Wadley, A. J., & Myers, T. (2019). The effects of a single night of complete and partial sleep deprivation on physical and cognitive performance: A Bayesian analysis. *Journal of Sports Sciences*, 37(23), 2726-2734. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1662539>
- Doherty, R., Madigan, S., Warrington, G., & Ellis, J. (2019). Sleep and nutrition interactions: implications for athletes. *Nutrients*, 11(4), 822. <https://doi.org/10.3390/nu11040822>
- Filipas, L., Ferioli, D., Banfi, G., La Torre, A., & Vitale, J. A. (2021). Single and combined effect of acute sleep restriction and mental fatigue on basketball free-throw performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(3), 415-420. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2020-0142>
- Halson, S. L., & Juliff, L. E. (2017). Sleep, sport, and the brain. *Progress in Brain Research*, 234, 13-31. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2017.06.006>
- Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., ... & Hillard, P. J. A. (2015). National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary. *Sleep Health*, 1(1), 40-43. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2014.12.010>
- Chase, J. D., Roberson, P. A., Saunders, M. J., Hargens, T. A., Womack, C. J., & Luden, N. D. (2017). One night of sleep restriction following heavy exercise impairs 3-km cycling time-trial performance in the morning. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(9), 909-915. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0698>

- Chokroverty, S. (2010). Overview of sleep & sleep disorders. *Indian Journal of Medical Research, 131*(2), 126-140. [https://doi.org/10.1016/S0030-6665\(05\)70123-7](https://doi.org/10.1016/S0030-6665(05)70123-7)
- Chokroverty, S. (2009). *Sleep disorders medicine*. Saunders Elsevier.
- Janečková, D., Dostál, D., & Plháková, A. (2013). Kvalita spánku, cirkadiánní preference a zdravý životní styl u vysokoškolských studentů. *Praktický lékař, 93*(3), 114-120. <https://www.researchgate.net/publication/288462257>
- Karasek, M., & Winczyk, K. (2006). Melatonin in humans. *Journal of Physiology and Pharmacology, 57*, 19. [https://www.jpp.krakow.pl/journal/archive/11\\_06\\_s5/pdf/19\\_11\\_06\\_s5\\_article.pdf](https://www.jpp.krakow.pl/journal/archive/11_06_s5/pdf/19_11_06_s5_article.pdf)
- Klimešová, I., & Stelzer, J. (2013). *Fyziologie výživy*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Kripke, D. F., Garfinkel, L., Wingard, D. L., Klauber, M. R., & Marler, M. R. (2002). Mortality associated with sleep duration and insomnia. *Archives of General Psychiatry, 59*(2), 131-136. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1001/archpsyc.59.2.131>
- Kripke, D. F., Simons, R. N., Garfinkel, L., & Hammond, E. C. (1979). Short and long sleep and sleeping pills: is increased mortality associated? *Archives of General Psychiatry, 36*(1), 103-116. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1979.01780010109014>
- Luyster, F. S., Strollo, P. J., Zee, P. C., & Walsh, J. K. (2012). Sleep: a health imperative. *Sleep, 35*(6), 727-734. <https://doi.org/10.5665/sleep.1846>
- Manfredini, R., Manfredini, F., Fersini, C., & Conconi, F. (1998). Circadian rhythms, athletic performance, and jet lag. *British Journal of Sports Medicine, 32*(2), 101-106. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.32.2.101>
- Marshall, G. J., & Turner, A. N. (2016). The importance of sleep for athletic performance. *Strength & Conditioning Journal, 38*(1), 61-67. <http://dx.doi.org/10.1519/SSC.0000000000000189>
- Milewski, M. D., Skaggs, D. L., Bishop, G. A., Pace, J. L., Ibrahim, D. A., Wren, T. A., & Barzdukas, A. (2014). Chronic lack of sleep is associated with increased sports injuries in adolescent athletes. *Journal of Pediatric Orthopaedics, 34*(2), 129-133. <https://journals.lww.com/pedorthopaedics/toc/2014/03000>
- Moore, J., McDonald, C., McIntyre, A., Carmody, K., & Donne, B. (2018). Effects of acute sleep deprivation and caffeine supplementation on anaerobic performance. *Sleep Science, 11*(1), 2. <http://sleepscience.org.br/details/433>
- Moráň, M. M. (2009). *Poruchy spánku*. REM, 1, 2NREM. <http://www.solen.cz/pdfs/int/2001/03/02.pdf>

- Oliver, S. J., Costa, R. J., Laing, S. J., Bilzon, J. L., & Walsh, N. P. (2009). One night of sleep deprivation decreases treadmill endurance performance. *European Journal of Applied Physiology*, *107*(2), 155-161. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1103-9>
- Pallesen, S., Gundersen, H. S., Kristoffersen, M., Bjorvatn, B., Thun, E., & Harris, A. (2017). The effects of sleep deprivation on soccer skills. *Perceptual and Motor Skills*, *124*(4), 812-829. <https://doi.org/10.1177/0031512517707412>
- Panda, S., Hogenesch, J. B., & Kay, S. A. (2002). Circadian rhythms from flies to human. *Nature*, *417*(6886), 329-335. <https://doi.org/10.1038/417329a>
- Reilly, T. W. T. J., & Walsh, T. J. (1981). Physiological, psychological and performance measures during an endurance record for five-a-side soccer. *British Journal of Sports Medicine*, *15*(2), 122-128. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.15.2.122>
- Perič, T. (2010). *Sportovni trénink*. Grada.
- Rechtschaffen, A., & Bergmann, B. M. (2002). Sleep deprivation in the rat: an update of the 1989 paper. *Sleep: Journal of Sleep and Sleep Disorders Research*, *25*(1), 18-24. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1093/sleep/25.1.18>
- Roberts, S. S. H., Teo, W. P., & Warmington, S. A. (2019). Effects of training and competition on the sleep of elite athletes: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, *53*(8), 513-522. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2018-099322>
- Roberts, S. S., Teo, W. P., Aisbett, B., & Warmington, S. A. (2019). Effects of total sleep deprivation on endurance cycling performance and heart rate indices used for monitoring athlete readiness. *Journal of Sports Sciences*, *37*(23), 2691-2701. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1661561>
- Roberts, S. S., Teo, W. P., Aisbett, B., & Warmington, S. A. (2019). Extended sleep maintains endurance performance better than normal or restricted sleep. *Medicine & Science in Sports & Exercise* *51*(12), 2516-2523. <https://dro.deakin.edu.au/ndownloader/files/36985708>
- Romdhani, M., Hammouda, O., Smari, K., Chaabouni, Y., Mahdouani, K., Driss, T., & Souissi, N. (2021). Total sleep deprivation and recovery sleep affect the diurnal variation of agility performance: the gender differences. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *35*(1), 132-140. <https://journals.lww.com/nsca-jscr/toc/2021/01000>
- Rountree, S. (2011). *The athlete's guide to recovery*. VeloPress.

- Sack, R. L. (2010). Jet lag. *New England Journal of Medicine*, 362(5), 440-447. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmcp0909838>
- Sargent, C., Lastella, M., Halson, S. L., & Roach, G. D. (2014). The impact of training schedules on the sleep and fatigue of elite athletes. *Chronobiology International*, 31(10), 1160-1168. <https://doi.org/10.3109/07420528.2014.957306>
- Shephard, R. J. (1984). Sleep, biorhythms and human performance. *Sports Medicine*, 1, 11-37. <https://doi.org/10.2165/00007256-198401010-00003>
- Shepherd, J. (2013). *The complete guide to sports training*. A & C Black.
- Skein, M., Duffield, R., Minett, G. M., Snape, A., & Murphy, A. (2013). The effect of overnight sleep deprivation after competitive rugby league matches on postmatch physiological and perceptual recovery. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(5), 556-564. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.5.556>
- Souissi, N., Sesboüé, B., Gauthier, A., Larue, J., & Davenne, D. (2003). Effects of one night's sleep deprivation on anaerobic performance the following day. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 359-366. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0793-7>
- Souissi, W., Hammouda, O., Ayachi, M., Ammar, A., Khcharem, A., de Marco, G., ... & Driss, T. (2020). Partial sleep deprivation affects endurance performance and psychophysiological responses during 12-minute self-paced running exercise. *Physiology, Behavior*, 227, 113165. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113165>
- Taheri, M., & Arabameri, E. (2012). The effect of sleep deprivation on choice reaction time and anaerobic power of college student athletes. *Asian Journal of Sports Medicine*, 3(1), 15. <https://doi.org/10.5812/asjasm.34719>
- Temesi, J., Arnal, P. J., Davranche, K., Bonnefoy, R., Levy, P., Verges, S., & Millet, G. Y. (2013). Does central fatigue explain reduced cycling after complete sleep deprivation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(12), 2243-2253. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23760468/>
- Uykusu, S. K. F. O. G., & ve Fiziksel, Y. İ. (2019). Effects of overnight sleep deprivation on appetite and physical performance in elite female soccer players. *Journal of Turkish Sleep Medicine*, 3, 93-96. <https://journals.lww.com/acsm-msse/toc/2013/12000>

- Van Dongen, H. P., Rogers, N. L., & Dinges, D. F. (2003). Sleep debt: Theoretical and empirical issues. *Sleep and Biological Rhythms*, *1*, 5-13. <https://doi.org/10.1046/j.1446-9235.2003.00006.x>
- Walker, M. (2018). *Proč spíme: odhalte sílu spánku a snění*. Jan Melvin.
- Walters, P. H. (2002). Sleep, the athlete, and performance. *Strength & Conditioning Journal*, *24*(2), 17-24. <https://journals.lww.com/nsca-scj/toc/2002/04000>
- Waldhauser, F., Frisch, H., Waldhauser, M., Weiszenbacher, G., Zeitlhuber, U., & Wurtman, R. (1984). Fall in nocturnal serum melatonin during prepuberty and pubescence. *The Lancet*, *323*(8373), 362-365. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(84\)90412-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(84)90412-4)
- Zisapel, N. (2018). New perspectives on the role of melatonin in human sleep, circadian rhythms and their regulation. *British Journal of Pharmacology*, *175*(16), 3190-3199. <https://doi.org/10.1111/bph.14116>