

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH ZDROJOV

**Analýza výskytu kovov v ejakulátoch mužov s poruchou
plodnosti**

Diplomová práca

Študijný program:

Výživa ľudí

Pracovisko (katedra/ústav):

Katedra veterinárskych disciplín

Vedúci diplomovej práce:

doc. Ing. Róbert Toman, Dr.

Konzultant diplomovej práce: (nepovinný)

doc. Ing. Róbert Toman, Dr.

Čestné vyhlásenie

Dolu podpísaná Viktória Andreánszka čestne vyhlasujem, že som túto predloženú diplomovú prácu, na tému „Analýza výskytu kovov v ejakulátoch mužov s poruchou plodnosti“ vypracovala samostatne, s použitím uvádzanej literatúry. Prehlasujem, že inžinierska práca bezprostredne nadväzuje na moju bakalársku prácu na tému „Faktory výživy ovplyvňujúce plodnosť mužov“.

Som si vedomá dôsledkov, ktoré vychádzajú zo zákona v tom prípade, ak by moje čestné vyhlásenie nebolo pravdivé.

V Nitre 17. mája 2010

.....

Pod'akovanie

Pri predkladaní diplomovej práce si dovoľujem poďakovať sa vedúcemu diplomovej práce **doc. Ing. Róbertovi Tomanovi, Dr.** za jeho cenné rady, trpezlivosť a veľkú pomoc pri riešení predloženej bakalárskej práce, ako aj za jeho snahu vďaka ktorej som túto prácu urobila a tým ukončila štúdium.

Moja vďaka patrí, samozrejme aj všetkým členom pedagogického zboru Katedry veterinárskych disciplín, ako aj členom Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov.

V neposlednom rade patrí veľká vďaka aj mojím rodičom, bez ktorých by realizácia môjho vysokoškolského štúdia nebola umožnená.

ĎAKUJEM.

Abstrakt v štátnom jazyku

Diplomová práca bola zameraná na hodnotenie vzťahu plodnosti mužov. Vzorky ejakulátov mužov, ktoré pochádzali z Centra asistovanej reprodukcie ISCARE, a.s. Bratislava sa náhodne vybralo 5 vzoriek, ktoré pochádzali od zdravých darcov a 5 vzoriek ejakulátov, ktoré boli vybrané náhodne od mužov, ktorí mali diagnostikovanú poruchu plodnosti. Ich ejakuláty boli vyšetrené metódou Maklerovej komôrky a hodnotila sa pohyblivosť a koncentrácia spermíí, výskyt patologických spermíí a iných anomálií ejakulátu. Po vyhodnotení ejakulátov sa jednotlivé vzorky zaradili do skupín podľa poruchy. Normálne ejakuláty boli zaradené do kontrolných skupín. Ejakuláty oboch skupín sa analyzovali na prítomnosť zinku, horčíka, kadmia, medi, olova, železa a niklu. Z výsledkov vyplýva, že hladiny pravdepodobnosti boli preukázané pri prvku horčík a ostatné vzorky ejakulátov boli nepreukázateľné podľa Študentovho t-testu. Aj keď sa hladina pravdepodobnosti nepreukázala pri ostatných prvkoch, podľa nameraných hodnôt boli rozdieli v koncentráciách prvkov v pokusnej skupine s poruchou plodnosti.

Kľúčové slová: muž, ejakulát, plodnosť, chemické prvky

Abstrakt v cudzom jazyku

The thesis focused on the evaluation of male fertility relationship. Samples ejaculate men who came from the Centre for Assisted Reproduction ISCARE, Inc. Bratislava 5 randomly selected samples came from healthy donors and 5 ejakulátov samples, which were selected randomly from men who were diagnosed as impaired fertility. They were examined by ejakuláty broker rated and cell motility and sperm concentration, the incidence of pathological sperm and other semen abnormalities. After evaluating ejakulátov individual samples included in groups according to failure. Normal ejaculate were included in the control groups. Ejaculate both groups were analyzed for the presence of zinc, magnesium, cadmium, copper, lead, iron and nickel. The results show that the levels of probability were presented at the element magnesium and other samples were inconclusive ejaculate by Student's t-test. Although the level of probability shown for other elements, according to the measured values of the differences in the concentrations of elements in the experimental group with impaired fertility.

Key words: man, ejaculate, fertility, chemical elements

Obsah

OBSAH.....	7
ÚVOD.....	8
1.PREHLADO SÚČASTNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY.....	9
1.1 Všeobecná charakteristika reprodukčných funkcií mužov.....	9
1.1.1 Morfológia pohlavných orgánov samcov a mužov.....	10
1.1.2 Fyziológia funkcie semenníka a prisemenníka.....	17
1.2 Metódy analýzy pohlavných funkcií mužov.....	23
1.3 Faktory výživy ovplyvňujúce plodnosť mužov	28
1.3.1 Základné živiny.....	29
1.3.2 Vitamíny.....	32
1.3.3 Minerálne látky.....	36
1.3.4 Rizikové prvky.....	37
1.3.5 Toxické látky.....	42
2. CIEĽ PRÁCE.....	45
3. METODIKA PRÁCE.....	46
3.1 Základné hodnotenie ejakulátov.....	46
3.2 Stanovenie chemických prvkov v ejakulátoch.....	46
4. VÝSLEDKY PRÁCE.....	48
4.1 Zastúpenie stopových prvkov v inseminačných dávkach.....	48
5. DISKUSIA.....	50
6. NÁVRH NA VYUŽITIE POZNATKOV.....	61
7. ZÁVER.....	62
8.ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY.....	64

Úvod

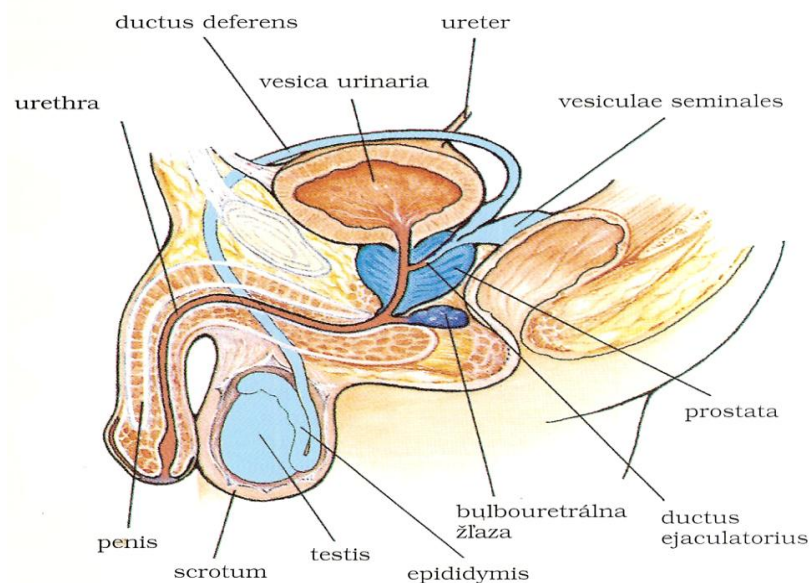
V rámci výživy je v posledných desaťročiach možné sledovať neustále sa zvyšujúci počet mužov, ktorí majú vďaka rizikovým faktorom, ako napríklad nesprávnou stravou a toxickými látkami v potravinovom reťazci, ale taktiež aj životným prostredím, ovplyvnenú plodnosť, teda schopnosť splodiť potomka napriek pravidelnému nechránenému pohlavnému styku.

U mužov vzniká sterilita následkom zlej kvality spermií, ktorá môže byť podmienená rôznymi ochoreniami, ako napríklad varikokélou (chorobné rozšírenie a predĺženie žíl semenného povrazca), infekciou pohlavných orgánov, poruchou vo vývine semenníkov a chronickým alkoholizmom. Ďalšie faktory sú fajčenie, stres, vystavenie žiareniu, ale tiež aj spôsob stravovania, vďaka ktorému sa do organizmu dostávajú nežiaduce látky, nazývané aj toxické látky. Medzi tieto toxické látky vstupujúce do potravinového reťazca patria kadmium, olovo, nikel, ortuť a iné. Tieto prvky sú škodlivé nie len pre celý organizmus, ale tiež aj na pohlavný systém mužov, respektíve samcov. Okrem toxických látok na plodnosť mužov vplyvajú aj rizikové (esenciálne) prvky, ako napríklad zinok, selén, meď, kobalt, mangán, jód a iné. Tieto rizikové prvky musia byť telom prijímané do určitej miery a pokiaľ sa ich množstvo zníži alebo zvýši, pôsobia nežiaduco na organizmus. Ďalej k týmto látkam zaraďujeme rôzne liečivá, ako sú cytostatiká a anabolické steroidy, rôzne minerálne látky predovšetkým makroprvky, vitamíny, základné látky, ktoré vplyvajú na plodnosť, či už z pozitívneho alebo negatívneho hľadiska. Okrem potravy na plodnosť mužov vplyvajú aj iné faktory, ktoré vstupujú zo životného prostredia do organizmu a tým narúšajú naše telo. Patrí sem znečistenie ovzdušia z rôznych chemických závodov, automobilová doprava, pri ktorej sa do ovzdušia dostáva veľké množstvo toxických látok a veľa iných prevádzok, ktoré spôsobujú znečistenie okolo nás. Na Slovensku, ale aj v iných krajinách, stúpa počet neplodných mužov, ale aj žien, a preto by sme sa mali zaoberať touto problematikou stále viac, aby sme mohli urobiť niečo nie len pre seba, ale aj pre svoje okolie. Štúdie sa začínajú zaoberať čím ďalej tým viac týmto problémom a aj keď na Slovensku nie je dostatok informácií o tejto téme, rozhodli sme sa zaoberať problémom plodnosti človeka ako takého.

1 PREHLAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

1.1 VŠEOBECNÁ CHARAKTERISTIKA REPRODUKČNÝCH FUNKCIÍ MUŽOV

Reprodukčný systém zahŕňa gonády, ako zdroj gamét a pohlavných hormónov a prídavné pohlavné orgány, zložené zo systému kanálikov a žliaz zabezpečujúcich skladovanie a transport spermíí. U muža sú to semenníky (*testes*), prisemenníky (*epididymis*), uložené v miešku (*scrotum*), semenovody (*ductus deferens*), semenné mechúriky (*vesiculae seminales*), predstojnica (*prostata*), *glandulae bulbourethrales* a penis (Javorka, 2001) (obr. 1).



Obr. 1 - Reprodukčný systém muža (upravené podľa Vandera et al., 1990).

Z hľadiska reprodukčných funkcií sú najdôležitejšie gonády, pretože obsahujú citlivé bunky, ktoré nepriaznivo reagujú na škodlivé faktory, ako napr. faktory výživy. Z ďalších orgánov je to prisemenník, ktorý slúži ako rezervoár spermíí a prídavné pohlavné žľazy, ktoré sa významnou mierou podieľajú na výslednej kvalite ejakulátu.

1.1.1 Morfológia pohlavných orgánov samcov a mužov

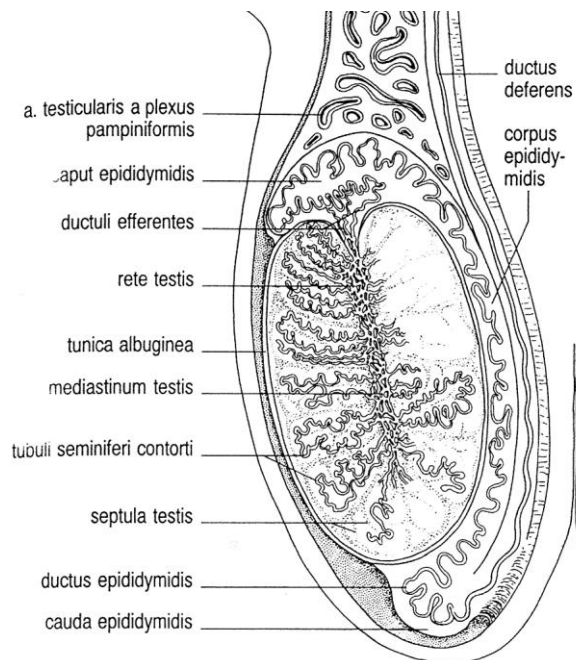
Semenníky

Semenníky (grécky *orchis*, latinsky *testis*) je párovo založený orgán. Vzniká rovnako ako vaječník retroperitoneálne v panvovej oblasti obojstranne z genitálnej lišty, mediálne od pronefros (Červený, König a Liebich, 2002) (obr. 5). Semenník je obklopený pevným, 1 – 2 mm hrubým väzivovým puzdrom obsahujúcim kolagénové vlákna (*tunica albuginea*), v ktorom prebiehajú druho špecificky väčšie krvné cievy semenníka (*a. et v. testicularis*). Na väzivové puzdro nalieha viscerálny list peritonea (*processus vaginalis peritonei*) ako jednovrstvový serózný poťah. *Tunica albuginea* udržuje parenchým semenníkov pod tlakom, takže zväčšenie objemu, napr. pri záťaži spôsobuje silné bolesti. Väzivové časti semenníka sa dajú rozdeliť smerom od povrchu dovnútra na: väzivové puzdro (*tunica albuginea*), väzivová priehradka (*septula testis*), väzivový stred (*mediastinum testis*).

Z puzdra vyrastajú radiálne malé väzivové priehradky (*septula testis*) dovnútra semenníka, ktoré delia parenchým semenníka na pyramídovité laloky (*lobuli testis*) (obr. 2). Tieto väzivové priehradky sa spájajú v osi semenníka alebo sú mierne posunuté smerom k prisemenníkom vo väzivovom strede (*mediastinum testis*).

Parenchým semenníka zahŕňa: *tubuli seminiferi contorti*, *tubuli seminiferi recti*, *rete testis s ductuli efferentes*. Každý lalok semenníka zahŕňa dva až päť stočených semenotvorných kanálikov (*tubuli seminiferi contorti*), ktoré slúžia k tvorbe samčích zárodočných buniek. Stena semenotvorných kanálikov obsahuje podporné bunky (Sertolihove bunky) a bunky zárodočného epitelu, ktoré sa diferencujú behom spermatogenézy na spermie. Podporné bunky slúžia k produkcii rôznych proteínov regulujúcich spermatogézu, k výžive vyvíjajúcich sa spermií, k fagocytóze kvapiek cytoplazmy a k uvoľneniu zrelých spermií do lúmenu kanálika. Semenotvorné kanáliky (*tubuli seminiferi contorti*) tvoria mnohonásobné stočené slučky a ich rovné konce (*tubuli seminiferi recti*) prechádzajú do siete semenníka (*rete testis*). Sieť semenníka je uložená v *mediastinum testis*. V interstíciu medzi kanálikmi, u kocúra rovnako v interlobulárnom väzive, ležia Leydigove bunky, ktoré produkujú samčie pohlavné hormóny, androgény (testosterón). Tieto hormóny majú androgénny aj anabolický účinok. Zo siete semenníka vystupuje 8 – 12 kľukatých vývodných kanálikov semenníka (*ductuli efferentes testis*), ktoré prechádzajú cez tunicu albugineu a vstupujú

do hlavy prisemenníkov (obr. 2).

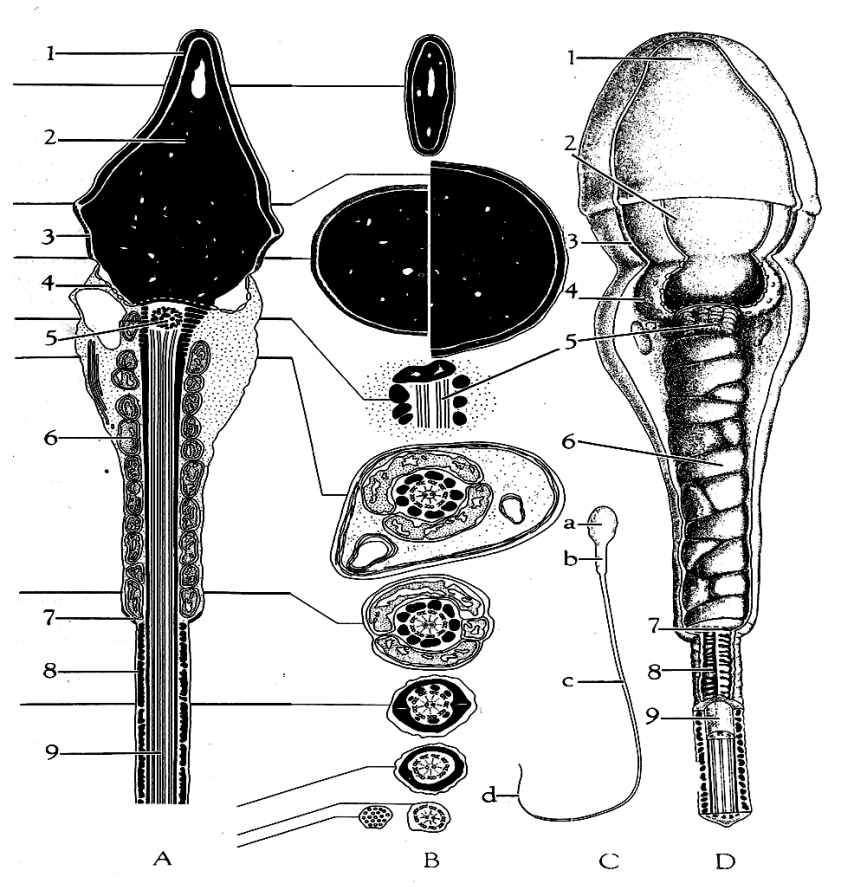


Obr. 2 - Schématické znázornenie semenníka, vývodu prisemenníka a semenovodu býka (Holstein, 1985)

Spermie

Kapeller a Pospíšilová (1990) uvádzajú že, mužská pohlavná bunka (spermium, spermatozoid, spermatozoon) sa skladá z hlavičky, strednej časti a bičíka. Celková dĺžka spermie je asi 60 nm, je to bunka schopná aktívne sa pohybovať (obr. 3). Hlavičku spermie (dĺžka 4 nm, šírka 2 nm) tvorí jadro s kondenzovaným (zahusteným) chromatinom, obsahuje genetický materiál otca. Spredu má hlavička oválny tvar, z boku je hruškovitá. Na prednej časti hlavičky spermie je akrozóm a čiapočka, pokrývajúca asi dve tretiny jadra. Čiapočka nad jadrom má vonkajšiu a vnútornú membránu, v priestore medzi nimi sú uskladnené enzýmy akrozómu (hyaluronidáza, proteázy, neuraminidáza a iné). Enzýmy akrozómu napomáhajú prenikaniu spermie cez obaly vajíčka. Celú hlavičku, rovnako ako strednú časť a bičik spermie, obaluje na povrchu plazmatická membrána (bunková membrána spermie). Na bunkovú membránu spermie sa viažu špecifické proteíny a glykoproteíny, ktoré zabraňujú aj predčasnému uvoľneniu akrozomálnych enzýmov a zhlukovaniu spermíí. Stredná časť spermie (obr. 3) má kľčok a spojovaciu časť. Kľčok spermie, v ktorom leží proximálny centriol, je pokračovaním hlavičky. Po obvode krčka je 9 pozdĺžne prebiehajúcich, priečne segmentovaných chord. Spojovacia časť sa začína distálnym centriolom a končí prstencovitým útvarom –

anulus. Distálny centriol je bazálnym telieskom osového vlákna. Osové vlákno (axonéma) ide stredom spojovacej časti a má stavbu podobnú kinocílii (9 dvojíc periférnych a jedna dvojica centrálnych mikrotubulov). Okolo osového vlákna sú obvodové vlákna – 9 pozdĺžnych nesegmentovaných (hladkých) chord. Podstatnou zložkou spojovacej časti sú zavitnicovito usporiadané mitochondrie - mitochondriálna pošva, obalujúca proximálny úsek osového vlákna.



Obr. 3 - Schéma mužskej pohlavnej bunky (Holstein, 1985)

A - pozdĺžny prierez spermie v obraze elektrónového mikroskopu (schematizované),
 B – priečne prierezy rôznymi časťami spermie, C – celkový pohľad na spermiiu
 v obraze svetelného mikroskopu (a – hlavička spermie, b – spojovacia časť, c –
 hlavná časť bičíka,
 d – koncová časť bičíka), D – grafická rekonštrukcia spermie pri veľkom zväčšení,
 1 – akrozóm, 2 – jadro, 3 - plazmatická membrána, 4 – jadrový obal, 5 – proximálny
 centriol, 6 – mitochondrie, 7 – anulus, 8 – fibrózna pošva, 9 – osové vlákno

Mitochondrie tvoria pohybové centrum bičíka spermie, v ktorom sa chemická energia premieňa na energiu kinetickú. Stredný úsek spermie je asi 5 nm dlhý a asi 0,8

nm hrubý. Bičiek spermie má časť hlavnú (*pars principalis*) a časť koncovú (*pars terminalis*). Stredom celého bičika prebieha osovú vlákno ako pokračovanie osového vlákna strednej časti spermie. Hlavná časť bičika meria asi 45 nm a jej hrúbka je asi 0,5 nm. V nej osovú vlákno obaluje 9 obvodových hladkých chod a fibrózna pošva. Koncová časť bičika meria asi 5 nm, hrubá je asi 0,2 nm a tvorí ju len osovú vlákno obalené plazmatickou membránou (obr. 3). Silbernagl a Despopulus (1993) uvádzajú, že v pošve zvyšujú alkalické spermie pH, čo je predpokladom pre pohyblivosť spermíí, ktoré sa musia k oplodneniu vajíčka dostať až do vajíčovodu .

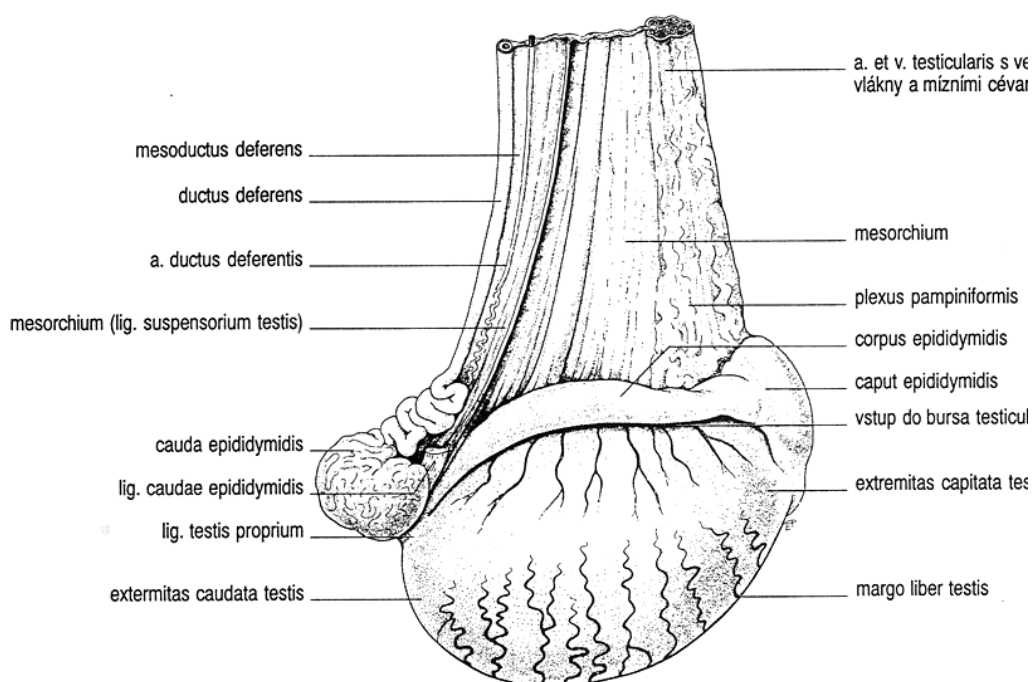
Podľa Kapellera a Pospíšilovej (1990) je sperma semenná tekutina v prostredí mužských močovopohlavných ciest. Po vystreknutí spermy (ejakulácia) von z uretry sa semenná tekutina nazýva ejakulát. Ejakulát alebo semenná tekutina je sivobiela hlienovitá tekutina, slabo alkalické reakcie a charakteristického zápachu. Obsahuje výlučky žliaz odvodných pohlavných ciest, pohyblivé spermie normálnej stavby (na vrchole mužskej plodnosti je to asi 100 miliónov spermíí v 1 ml) a rôzne množstvo nezrelých alebo abnormálnych spermíí. U zdravého muža môže byť v sperme až 10 % abnormálnych spermíí. Vyššie percento abnormalít negatívne ovplyvňuje plodnosť muža. Spermie tvoria asi 0,5 % objemu semennej tekutiny.

Prisemenníky

Červený, König a Liebich (2002) uvádzajú, že v hlave prisemenníkov (*caput epididymidis*), ktorá je pevne spojená so semenníkmi, sa spájajú *ductuli efferentes testis* vo vývode prisemenníkov (*ductus epididymidis*). Vývod prisemenníkov tvorí telo prisemenníka (*corpus epididymidis*), ktoré je fixované dvojitoú seróznou blanou k mediálnemu okraju semenníka. Týmto spojmom vzniká laterálne medzi semenníkom a prisemenníkom priestor *bursa testicularis* (obr. 4). Vo vývode prisemenníkov (obr. 2, 4) spermie vyzrejú a v jeho koncovom úseku, v chvoste prisemenníka, sú uschované až do ejakulácie. V *ductus epididymidis* je tiež resorbovaná tekutina pochádzajúca zo semenníkov. Tiež sú tam fagocytované fragmenty rozpadnutých buniek a je vylučovaný sekret vyživujúci spermie.

Dĺžka *ductus epididymidis* domácich cicavcov sa uvádza takto:

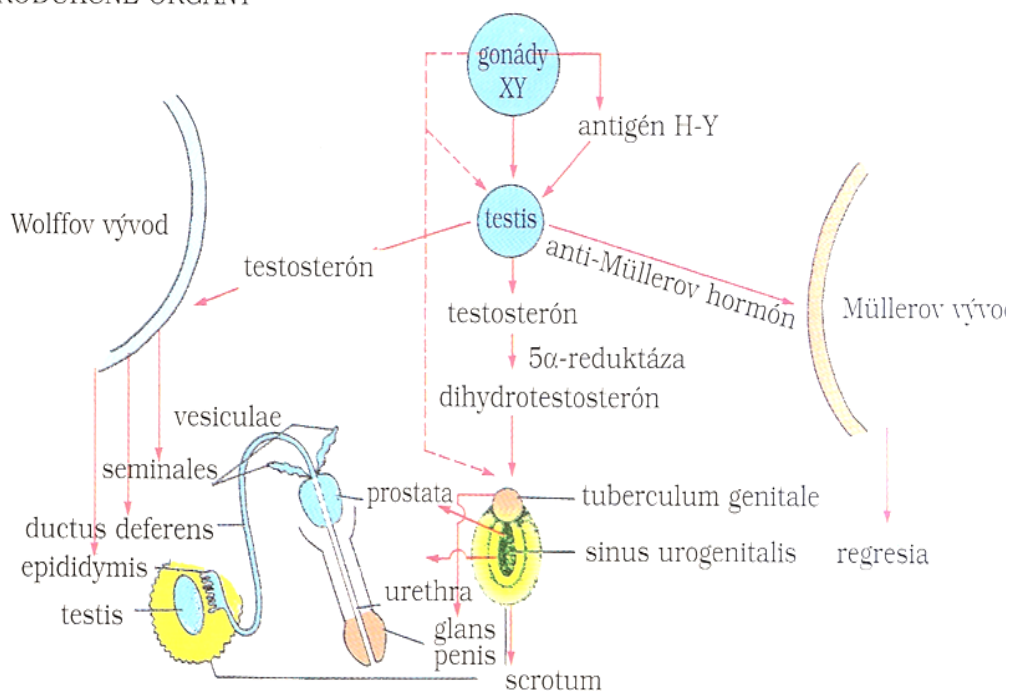
Kôň	72 – 81 m	Kanec	17 – 18 m
Býk	40 – 50 m	Pes	5 – 8 m
Baran a cap	47 – 52 m	Kocúr	4 – 6 m



Obr. 4 - Schématické znázornenie semenníka, prisemenníka a semenného novrzca koňa (laterálny pohľad) (Holstein 1985)

Chvost prisemenníkov (*cauda epididymidis*) je fixovaný väzmi jednak k semenníku (*lig. testis proprium*), jednak ku dnu *proc. vaginális* (*lig. caudae epididymidis*) (obr. 4). *Lig. caudae epididymidis* vysiela vlákna až do *tunica dartos scroti*, ktoré sú u koňa a kanca obzvlášť silné. Hneď potom, ako *ductus epididymidis* opustí chvost prisemenníka, pokračuje mediálne od prisemenníka ako semenovod.

MUŽSKÉ REPRODUKČNÉ ORGÁNY



Obr. 5 - Vývoj mužských reprodukčných orgánov

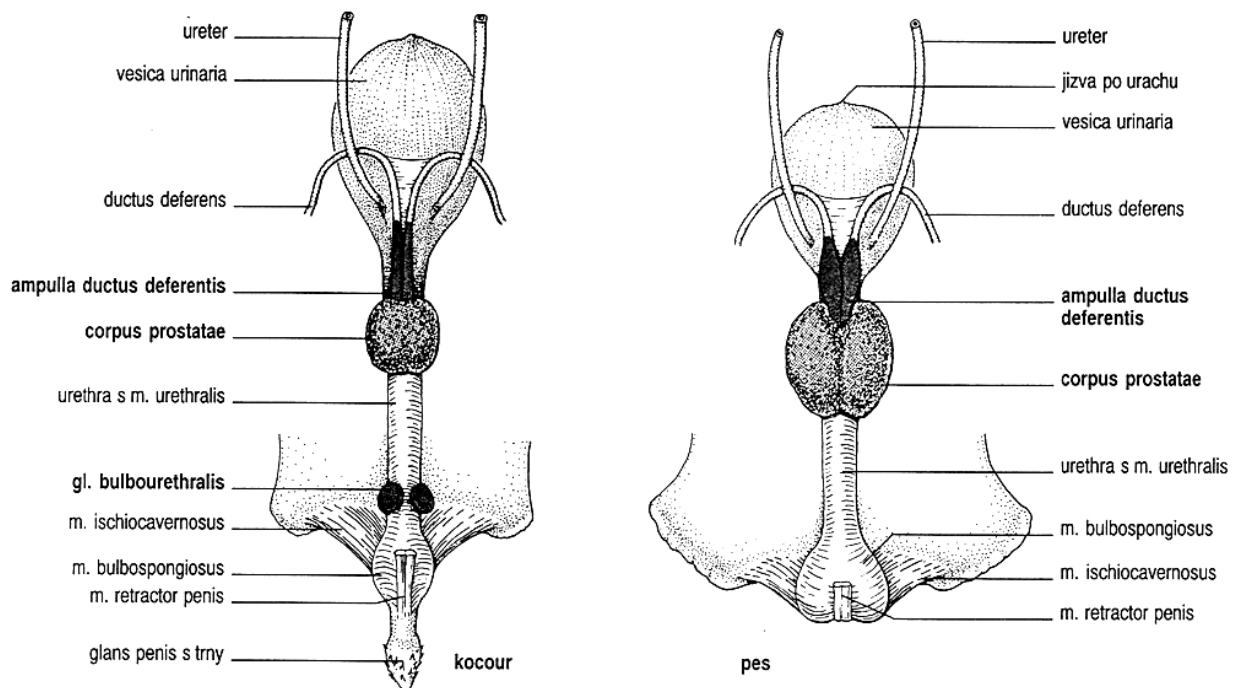
O smere vývoja rozhoduje testikulárna sekrécia testosterónu (upravené podľa Berneho a Levyho, 1990).

Mechúrikovitá žľaza

Mechúrikovitá žľaza je párová žľaza, ktorá produkuje viskózný sekret bohatý na fruktózu. U muža má veľkosť asi 5 cm, hoci ju tvorí asi 12 cm stočený kanálik (obr. 1). Psovi táto žľaza chýba. Vývod žľazy ústi do semenovodu pred jeho vstupom do prostaty. Histologicky ju tvoria komôrky vystlané jednovrstvovým žľaznatým epitelom. Výška cylindrických buniek a tým aj ich aktivita závisí od hladiny testosterónu v krvi. Zvnútra sa nachádza sliznica tvoriaca komôrky zväčšujúce plochu povrchu, svalová vrstva, ktorá je veľmi dobre vyvinutá s vnútornou kruhovou a vonkajšou pozdĺžnou vrstvou hladkej svaloviny a na povrchu sa nachádza adventícia (Feneis, 1996; http://en.wikipedia.org/wiki/Seminal_vesicle).

Predstojná žľaza (prostata)

Predstojná žľaza (obr. 1) sa vyskytuje u všetkých samcov domácich cicavcov. Skladá sa z časti, ktorá je difúzne rozptýlená v stene panvového úseku močovej trubice, *pars disseminata*, a z druhého oddielu, ktorý obklopuje močovú trubicu, *corpus prostaticae*. U koňa sa vyskytuje len kompaktné telo, ktoré leží zvonka. U býka sa vedľa malého, splošteného *corpus prostaticae* vyskytuje aj *pars disseminata* v stene močovej trubice. Cap a baran majú iba diseminovanú časť žľazy. Pes a kocúr má telo prostaty rozsiahle. U psa je prostata, okrem ampuly semenovodu, jedinou prídavnou pohlavnou žľazou. U kocúra sa nachádza, okrem prostaty a ampuly semenovodu, ešte párová *gl. bulbourethralis* (obr. 6). Pri hypertrofii prostaty psa tlačí *corpus prostaticae* z ventrálnej strany na konečník a môže viesť v extrémnych prípadoch k zadržaniu trusu (Červený, König a Liebich, 2002).



Obr. 6 - Schématické zobrazenie prídavných pohlavných žliaz kocúra a psa (Holstein, 1985)

Zdravá prostata muža je o niečo väčšia ako orech. Obklopuje močovú rúru tesne pod močovým mechúrom a dá sa nahmatať cez konečník. Kanáliky prostaty sú lemované cylindrickým epitelom. Prostata je obalená svalmi panvy, ktoré sa kontrahujú počas ejakulácie. Delí sa dvoma spôsobmi: podľa zón a lalokov. Prostata má 4 rozdielne

zóny. Periférna zóna tvorí 70 % žľazy mladých mužov. Centrálna zóna tvorí asi 25 % normálnej žľazy. Táto zóna obklopuje ejakulačný kanálik. Prechodná zóna tvorí 5 % objemu prostaty. Veľmi zriedkavo sa v nej tvoria nádory. Obklopuje proximálnu časť močovej rúry. Predná väzivovo-svalová zóna (stróma) tvorí asi 5 % hmotnosti prostaty. Táto zóna obyčajne neobsahuje žľaznatú časť a tvorí ju iba svalovina a väzivo.

Prostata muža (obr. 1) má štyri laloky: predný lalok zodpovedá časti prechodnej zóny, zadný lalok zodpovedá približne periférnej zóne, laterálne laloky tvoria všetky zóny a mediálny lalok zodpovedá približne časti centrálnej zóny (<http://www.instantanatomy.net/abdomen/vessels/vprostaticplexus.html>).

Bulbouretrálna (Cowperova) žľaza

Bulbouretrálna žľaza existuje s výnimkou psa u všetkých domácich cicavcov ako párový útvar na kaudálnom konci panvovej časti močovej trubice (obr. 1, 6). U koní má veľkosť vlašského orecha, u býka dosahuje asi veľkosť lieskového orieška. U kocúra je malá a guľatá. U kanca sú tieto žľazy neobyčajne veľké, valcovité a sú priložené po stranách k celej dĺžke panvovej časti močovej rúry. Všetky prídavné pohlavné žľazy majú dobre vyvinuté väzivové púzdra a vnútorné priehradky, ktoré sú bohaté na hladkú svalovinu. Táto svalovina je inervovaná vegetatívne a vylučuje počas ejakulácie sekrét s prídavných pohlavných žliaz. Tvorba sekrétu je pozitívne ovplyvnená testosterónom. Sekrét, semenná tekutina, je bohatý na fruktózu a citrát. Vyvoláva pohyb spermíí, slúži im ako transportný prostriedok, ako zdroj živín a súčasne ako neutralizačné médium proti kyslému prostrediu v pošve.

U muža sú bulbouretrálne žľazy lokalizované zozadu a laterálne od močovej rúry, na báze penisu (obr. 1). Sú to tubuloalveolárne žľazy vo veľkosti hrachu. Tvorí ich niekoľko lalôčikov, ktoré sú zložené z acinov vystlaných cylindrickým epitelom (http://en.wikipedia.org/wiki/Bulbourethral_gland).

1.1.2 Fyziológia funkcie semenníka a prisemenníka

V kanálikoch semenníka prebieha spermatogenéza (Javorka, 2001). Spermatogónie uložené na bazálnej membráne medzi Sertoliho bunkami sa pri dozrievaní postupne posúvajú smerom k lúmenu, do ktorého sa dostávajú len zrelé

spermie. Sertoliho bunky zabezpečujú pre dozrievajúce spermie výživu, tvoria bariéru, ktorá oddeľuje dozrievajúce spermatogónie od hormonálnych a chemických vplyvov, stimulujú spermatogézu, produkujú luminálnu tekutinu a fagocytujú defektné spermie. Sú pod stimulačným vplyvom testosterónu a folikulostimulačného hormónu (FSH), pričom tiež vylučujú hormón inhibín tlmiaci sekréciu FSH. Leydigove bunky vylučujú predovšetkým mužský pohlavný hormón testosterón. Keďže pre normálnu funkciu semenníkov a najmä spermatogézu je dôležité, aby mali teplotu o 2 – 3°C nižšiu, ako je teplota v brušnej dutine, sú umiestnené v miešku (*scrotum*), teda mimo brušnej dutiny. Pri poruchách zostupu semenníkov do skróta je ohrozená nielen ich reprodukčná funkcia, ale hrozí aj malígne zvrhnutie v neskoršom veku. Preto je dôležité, aby sa táto porucha liečila už v útlom detstve. Keď sa spermie ocitnú v lúmene semenotvorných kanálikov, začínajú sa postupne posúvať do prisemenníka a semenovodu, ktoré slúžia ako rezervoár spermií. V tejto fáze sú spermie ešte nepohyblivé a ich posun zabezpečuje tlak tekutiny vytváranej Sertoliho bunkami, ako aj peristaltika kanálikov. Pasáž cez prisemenník trvá približne 2 týždne. Spermie pritom nadobúdajú pohyblivosť, strácajú cytoplazmu a z lúmenu sa vstrebáva tekutina. V *ductus deferens* sa môžu spermie skladovať aj niekoľko mesiacov (Javorka, 2001).

Spermatogenéza

Spermie sa tvoria v semenotvorných kanálikoch (*tubuli seminiferi contorti*) nepretržite od puberty až do konca života muža. Spermatogézu riadia a stimulujú gonadotropné hormóny adenohipofýzy: FSH (folikuly stimulujúci hormón) a ICSH (intersticiálne bunky stimulujúci hormón, inak tiež luteinizačný hormón – LH). FSH udržiava spermatogézu v semenotvornom epiteli. ICSH stimuluje produkciu mužského pohlavného hormónu v intersticiálnych Leydigových bunkách. Testosterón je vo vysokej koncentrácii potrebný na normálny priebeh spermatogézy. Podporné Sertoliho bunky semenotvorných kanálikov sú tiež pod kontrolou hypofyzárnych gonadotropínov. Bunky produkujú proteín viažuci testosterón v semenotvornom epiteli kanálikov. Až do puberty stenu semenotvorných kanálikov tvoria podporné Sertoliho bunky a primitívne (nezrelé) formy pohlavných buniek, spermatogónie. Spermatogónie sú v pokojovom štádiu a v malom množstve. V puberte sú spermatogónie nediferencované bunky malých rozmerov, merajú 10 – 15 µm. Ich intenzívnym mitotickým delením sa začína obdobie množenia.

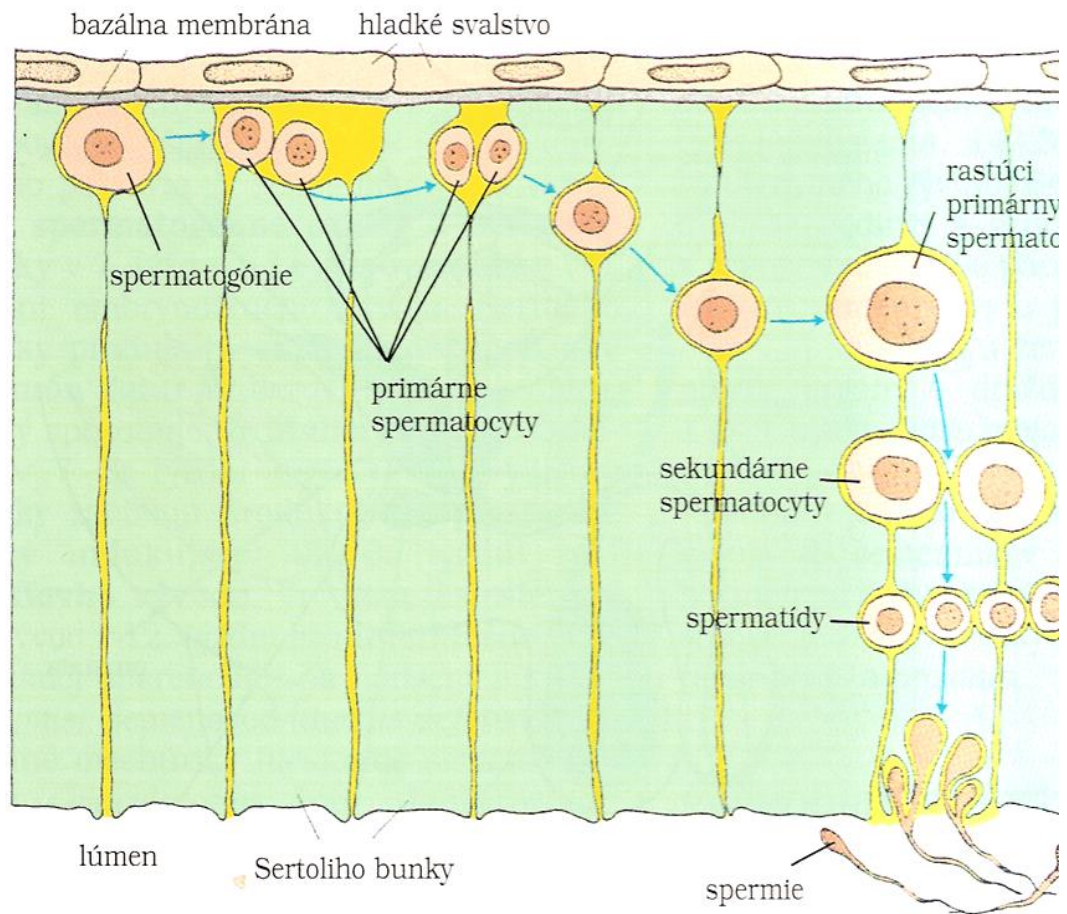
Vznikajú dva typy buniek (obr. 7):

1. kmeňové bunky alebo spermatogónie A, ktoré predstavujú zásobáreň pre vznik nových spermatogónií,
2. spermatogónia B, ktoré sa ďalej diferencujú a tvoria základ pre vývojové vyššie formy mužských pohlavných buniek. Spermatogónia B zväčšujú svoje rozmery, prechádzajú obdobím rastu a diferencujú sa na ďalší vývojový stupeň pohlavných buniek – primárne spermatocyty. Primárne spermatocyty sú väčšie, približne 20 μm merajúce bunky. Vstupujú do 1. meiotického delenia, ktoré trvá asi tri týždne. Tým sa začína obdobie zrenia. Najdlhšia je profáza 1. meiotického delenia (trvá asi 16 dní), ostatné fázy delenia prebehnú rýchlejšie. Výsledkom prvého meiotického delenia sú sekundárne spermatocyty, tzv. prespermatidy. Sekundárne spermatocyty majú už haploidný počet chromozómov a menšie rozmery, asi 12 mikrometrov (Kapeller a Pospíšilová, 1990).

Po krátkej interfáze sa sekundárne spermatocyty delia v druhom meiotickom delení na spermatidy, malé bunky s rozmermi asi 8 μm . Vývojovo pokročilejšie formy sa posúvajú čoraz bližšie k lúmenu kanálíka. Spermatidy ležia v záhyboch luminárneho povrchu Sertolihových buniek, často tvoria skupinky. Nezrelé mužské pohlavné bunky sú v priebehu ich diferenciácie pospájané navzájom prostredníctvom cytoplazmatických mostíkov. Tieto spojenia zabezpečujú rovnaké vybavenie cytoplazmy dcérskych buniek aj po ich delení, ako aj časovú koordináciu vo vývoji pohlavných buniek. Preto pri dozrievaní spermií v rôznych oblastiach stočených kanálikov semenníkov vznikajú cyklické vlny.

Zrelé spermie sa uvoľňujú zo Sertolihových buniek do lúmenu semenotvorného kanálíka a presúvajú sa asi 6 m dlhým kanálikom predtým, než opustia močovú rúru. Zo semenníka sa dostávajú odvodnými kanálíkmi do prisemenníka. Spermie v chvostovej časti prisemenníka sú oplodneniaschopnejšie, ako z hlavy prisemenníka. Zmena prostredia a fyziológia prisemenníka sú kritické pre zrenie spermií. Počas prechodu cez prisemenník spermie podliehajú mnohým dramatickým zmenám. Okrem týchto zmien morfológie, chemického zloženia, pohyblivosti, oplodneniaschopnosti a metabolizmu, podliehajú spermie aj zmenám v priepustnosti, antigénite a náboja povrchovej membrány. Prisemenník vyžaduje pre udržanie histologickej integrity androgény.

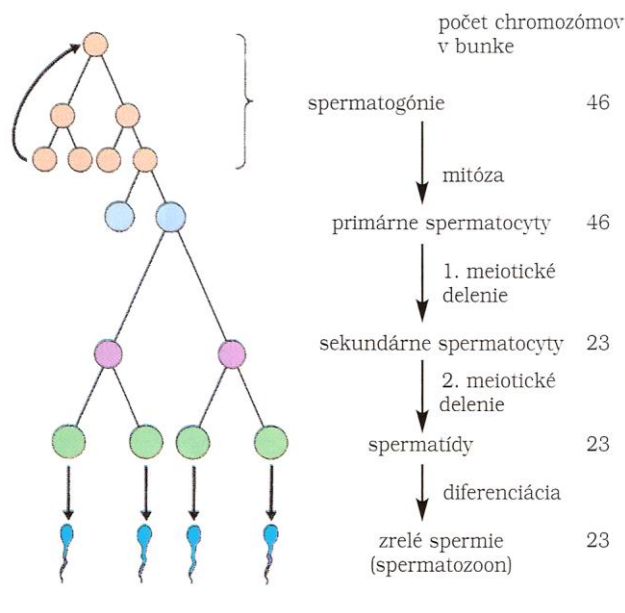
Sekrécia karnitínu, glycerolfosforyl cholínu a kyseliny sialovej do tekutiny je proces závislý na androgénoch. Tekutina sa v kanálikoch prisemenníka výrazne mení. Veľká časť tekutiny vylúčenej zo semenotvorných kanálikov sa vstrebáva vo vývodných kanálikoch semenníka a v proximálnej časti prisemenníka. Koncentrácia inozitolu, celkových lipidov a celkových bielkovín klesá prechodom tekutiny prisemenníkom. Naopak, koncentrácia draslíka stúpa. Morfologické zmeny spermií v prisemenníkoch zahŕňajú zmeny na akrozomálnej membráne. V spermiách vzrastá koncentrácia cAMP, nenasýtených mastných kyselín a klesá hladina kyseliny palmitovej, mnohých fosfolipidov (Vantman, 1993).



Obr. 7 - Dozrievanie zárodočných buniek v semenotvorných kanálikoch
(upravené podľa Vandera et al., 1990)

Primárne spermatocyty sa nachádzajú pri bazálnej membráne medzi Sertoliho bunkami. Pri dozrievaní postupne putujú smerom k lúmenu kanálika. Primárny spermatocyt rastie a delí sa na sekundárne spermatocyty. Ďalším delením vznikajú spermatídy, ktoré strácajú cytoplazmu a diferencujú sa na spermie

Priebeh spermatogenézy muža znázorňuje obrázok 8.



Obr. 8 – Spermatogenéza (upravené podľa Vandera et al., 1990).

Zmeny prebiehajú v reprodukčne zrelom semenníku (od puberty). Z jedného primárneho spermatocyty vznikajú štyri spermie

Hormóny reprodukčných funkcií

Hormón stimulujúci folikuly (FSH) účinkuje na Sertolihove bunky, prostredníctvom ktorých stimuluje spermatogenézu. Sertolihove bunky zároveň vylučujú inhibín, ktorý negatívnou spätnou väzbou sekréciu FSH brzdí.

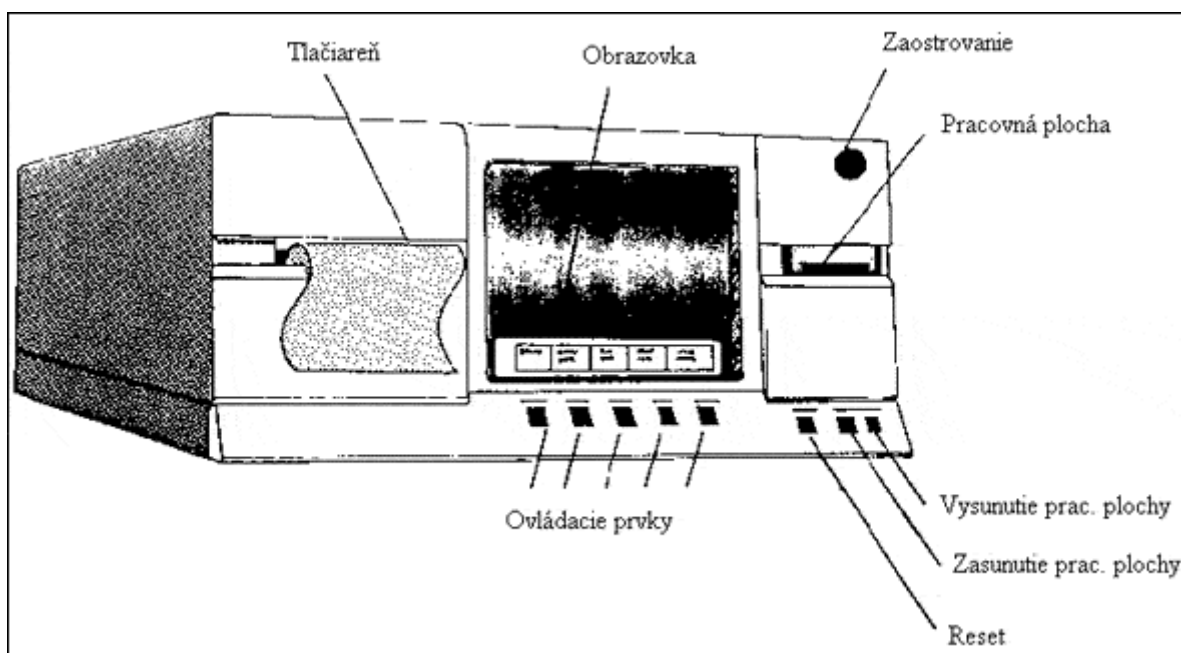
Luteinizačný hormón (LH) pôsobí na Leydigove bunky, v ktorých stimuluje sekréciu mužského pohlavného hormónu testosterónu.

Testosterón inhibuje sekréciu hypotalamového gonadoliberínu a hypofýzového LH. V samotných semenníkoch parakrinným účinkom podporuje spermatogenézu. Neprítomnosť testosterónu má za následok sterilitu (Javorka, 2001).

1.2 METÓDY ANALÝZY POHLAVNÝCH FUNKCIÍ MUŽOV

Používanie komputerových metód na analýzu ejakulátov, hodnotenie fertility a sterility v humánnej a veterinárnej andrológii už zaznamenalo značnú pozornosť v celosvetovom meradle. Existuje množstvo spôsobov a zariadení pre hodnotenie kvality ejakulátu napr.: turbidimetry, spektrofotometry, fotomikrografickými metódami, ďalej sú to prístroje, ktoré sú zahrnuté do skupiny pod spoločným označením CASA (Computer-Automated Semen Analyzer) a ešte prístroje, ktoré sa overujú, prípadne používajú na experimentálnej úrovni, na báze laserových spektroskopov (Johnson et al., 1995). Každodenne sa na inseminačných staniach rutinne analyzuje a zisťuje koncentrácia spermií, pohyblivosť spermií, pH ejakulátu, aglutinácia spermií, morfológicky zmenené spermie a pod. Tradíciou sa stáva, že motilita spermií a morfológicky zmenené spermie sú hodnotené subjektívne a koncentrácia spermií sa zisťuje pomocou hemocytometra prípadne fotometry. Často sa používajú na meranie koncentrácií spermií komôrky rôzneho prevedenia, aby sa dosiahli čo najobjektívnejšie výsledky. Do dnešnej doby sa stále vo väčšej miere používajú pracné manuálne analýzy (Johnson, Boone a Blackhurst, 1996). Používanie komputerového analyzátoru spermií je sľubnou alternatívou v porovnaní s tradičným postupom vizualizácie pohyblivosti spermií a hemocytometrickým hodnotením koncentrácie spermií (Massányi a Trandžík, 1991; Massányi et al., 1995).

Najväčším výrobcom prístrojov pre analýzu spermií, ktoré patria do skupiny CASA, je americká firma Hamilton Thorn Research Inc. Analyzátory spermií pod označením HTM (Hamilton Thorn Motility Analyzer) sú v rôznych verziách. V súčasnosti najrozšírenejšia verzia na svete je 10 alebo systém IVOS – HTM (Integral Vizual Optical System HTM) (Farrell et al., 1995). Prístroj je možné charakterizovať ako kompaktný, so zabudovanou analyzačnou komorou, obrazovkou, funkčnými klávesmi a tlačiarňou. K tejto jednotke je možné pripojiť externú tlačiareň, klávesnicu, myš aj monitor (obr. 9)



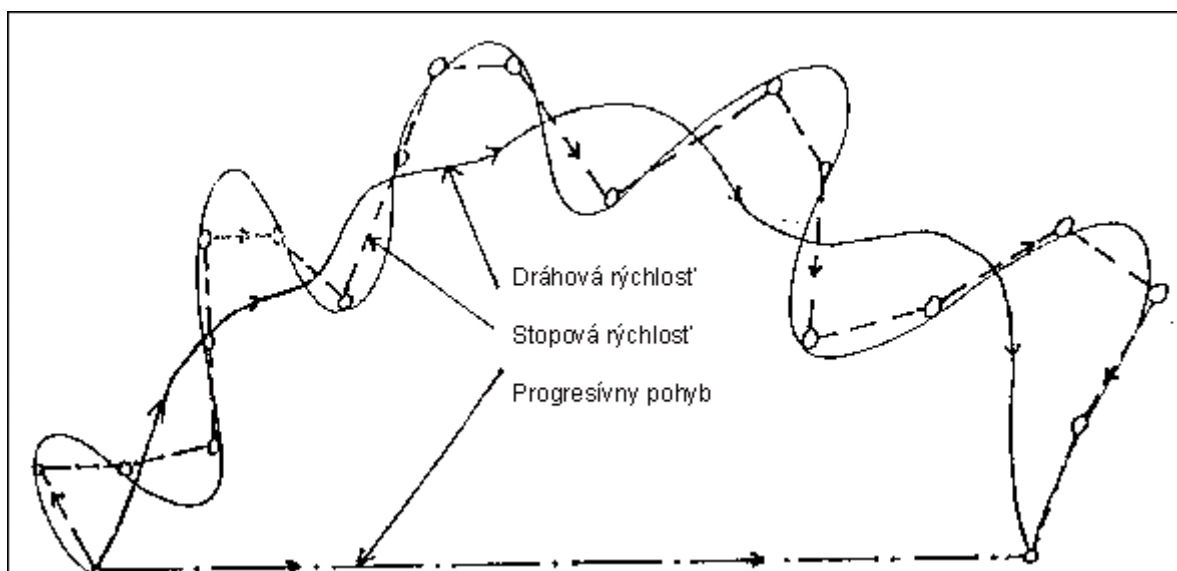
Obr. 9 - Systém IVOS – HTM (Integral Vizual Optical System HTM)

Ejakulát sa hodnotí v kvapke prenesenej na špeciálne upravené podložné sklíčko s mikrocelulami o objeme 2, 10, 15, 20, 200 mm na vyhrievanom stolíku. Toto podložné sklíčko sa upevní na predhriatý výsuvný stolček (môže sa nastaviť na 20°C – 40°C). Samotná analýza prebieha automaticky na základe úvodom zadaných parametrov (Setup). Vyhodnotenie prebieha na základe veľkosti, pohyblivosti, svetlosti, odrazu a zadržiavania svetelných lúčov spermiami. Analýza môže prebiehať pri vlnovej dĺžke 660 nm (použitím fázového kontrastu) alebo 882 nm (použitím tmavého poľa). Prístroj si vyberá polia pre analýzu buď automaticky alebo sa môžu manuálne určiť. Vstupné parametre sú výrobcom priamo nastavené pre vybrané druhy spermií, prípadne je možné tieto údaje nastaviť pre vlastné účely.

Pri každom vyhodnotení spermií musia byť udané aj setup parametre, podľa ktorých došlo k analýze vzorky. V metodickom manuáli prístroja sú setup parametre údaje rozpísané pre spermie, žrebčie, býčie, králičie, myšie, potkanie a mužské. Samotná dĺžka analýzy je závislá podľa zadaných hodnotiacich kritérií, ale maximálne trvá 3 minúty. Výstupné údaje zaznamenáva tlačiareň. Údaje obsahujú základné dáta a výsledky analýzy.

Výsledky analýzy sú:

- Pohyblivosť v (%)
- Celkový počet spermii (10^6 v ml, v celej vzorke, v inseminačnej dávke)
- Progresívny pohyb vo vzorke, v dávke (%)
- VAP - velocity average path; priemerná dráhová rýchlosť ($\mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
- VSL - velocity straight line; dráhová rýchlosť ($\mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
- DAP - distance average path; priemerná dráhová vzdialenosť (μm)
- DCL - distance curved line; línia zaoblenej vzdialenosti (μm)
- DSL - distance straight line; línia priamej vzdialenosti (μm)
- VCL - velocity curved line; rýchlosť v zaoblenej línii ($\mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
- ALH - amplitude of lateral head displacement; amplitúda laterálneho pohybu hlavičky (μm)
- STR - straightness; priamosť pohybu (VSL/VAP, %)
- WOB - wobble; kmitanie (VAP/VCL, %)
- BCF - beat cross frequency; frekvencia krížneho úderu (Hz)
- LIN – linearity; priamosť pohybu (VSL/VCL, %)
- Plocha hlavičky (μm^2)



Obr. 10 - Schéma analyzátoru podľa prepočtov

Výsledky sú prepočítané na objem vzorky, objem celého ejakulátu a prístroj je

schopný zistiť množstvo ejakulátu, ktoré je potrebné na kvalitnú inseminačnú dávku podľa kritérií. Popri týchto základných parametroch je možnosť využiť prístroj pre základnú morfológickú charakteristiku spermíí. Pri tejto analýze je využívaný špeciálny algoritmus pre rozsah dĺžky a šírky hlavičky (obr. 10).

Ďalším prístrojom zahrnutých do skupiny CASA je výrobok CellSoft firmy Cryo Resources, Ltd.. Jedná sa o kompaktný a veľmi jednoduchý analyzátor spermíí, ktorý neponúka takú širokú škálu výsledkov ako HTM. Vzorky ejakulátov sa hodnotia na špeciálnych komôrkach o objeme 10 μm . Princíp analýzy je totožný ako u predchádzajúceho prístroja. Pri každom hodnotení sa posudzuje minimálne 4 a maximálne 20 zorných polí. Celkovo sa hodnotí 200 spermíí. Analyzátor hodnotí:

- koncentráciu spermíí (10^6 v ml)
- pohyblivosť spermíí (%)
- progresívny pohyb (%)
- laterálny pohyb hlavičky (μm)
- priemerná lineárna rýchlosť ($\mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
- priemerná linearita ($\mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
- frekvencia prekríženia priemernej dráhy ($\mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

Tento prístroj pre svoju jednoduchosť a finančnú nenáročnosť patrí medzi najvýhodnejšie pre laboratória inseminačných staníc.

Posledným prístrojom je prístroj s označením Sperm Quality Analyzer (SQA). Má jednoduchú obsluhu a vykazuje dobrú koreláciu medzi indexom pohyblivosti, koncentráciou spermíí a množstvom iných parametrov pre hodnotenie spermíí. Tento prístroj sa využíva hlavne v humánnej andrológii, pričom je kvalitatívne porovnateľný s HTM analyzátorom. SQA pracuje na systéme, pri ktorom zachytáva variačnú optickú denzitu ako súhrn pohyblivých partikul. Na analýzu je potrebné malé množstvo ejakulátu. SQA vyhodnocuje tieto parametre:

- index pohyblivosti spermíí
- objem (ml)
- koncentráciu (10^6 v ml)
- pohyblivosť (%)

-
- koncentrácia pohybujúcich sa spermíí (10^6 v ml)

Aj pri tomto prístroji je možné zadať parametre, podľa ktorých má analýzu vykonať a tým získať čo najpreukázanejšie výsledky. Tento prístroj vykazuje vysokú spoľahlivosť len vznikajú problémy medzi hodnoteniami spermíí a prípadnými nečistotami vo vzorke. Preto využitie je možné len v čistých priestoroch.

Pre hodnotenie spermíí je vyvinutý špeciálny software talianskou firmou Delta Sistemi, ktorý je ponúkaný pod komerčným názvom Superimposed Image Analysis System (SIAS). Pre použitie tohoto softweru je nutné príslušenstvo, ktoré pozostáva z optického mikroskopu, napojenej videokamery, monitora, PC, grafickej karty, software SIAS, laserovej tlačiarne. Prenesený obraz z videokamery do počítača sa analyzuje na základe kinetických parametrov spermíí. Systém je schopný vykonávať kinetickú analýzu obrazu. Hodnotí sa 6 sekvencií na monitore PC. Vyhodnotenie je zvlášť zapísané do nového súboru a uvádza:

- motilitu spermíí (%)
- priamosť pohybu (%)
- koncentráciu spermíí (10^6 v ml)
- nepriamosť pohybu

Uvádzané zariadenia sú akreditované WHO. Väčšina prístrojov uvádza tie isté parametre, no medzi cenovými reláciami a náročnosťou obsluhy sú veľké rozdiely. Moderné analytické metódy ejakulátov sú závislé od kvalifikovaného laboratórneho personálu a od kvalitného prístrojového vybavenia laboratórií.

1.3 FAKTORY VÝŽIVY OVPLYVNÚJÚCE PLODNOSŤ MUŽOV

Ako uvádza (Scheinder, 2005), mužská neplodnosť sa diagnostikuje pomocou mikroskopického vyšetrenia spermií alebo ejakulátu. Ak má byť vajíčko oplodnené, jeden mililiter ejakulátu musí obsahovať viac ako 40 miliónov mužských pohlavných buniek a najmenej 60 % z nich musí byť pohyblivých. Keď tieto podmienky nespĺňa, hovoríme o tzv. oligospermii – počet spermií je malý a nie sú dostatočne pohyblivé.

Medzi príčiny mužskej neplodnosti sa zaraďujú:

- Poškodené semenníky alebo zápal semenníkov, spôsobený napríklad prekonaným mumpsom u detí,
- Malformácia (vrodená chyba) napríklad nezostúpenia semenníka,
- Upchanie semenovodu,
- Nízka hladina mužských hormónov,
- Drogová závislosť – fajčenie, alkohol, hašiš a iné drogy,
- Mimoriadna stresová záťaž,
- Neprimerane častý pohlavný styk,
- Nedostatok vitamínu B a E.

Najčastejšia príčina porúch plodnosti mužov vo svete je nízky počet spermií, ktorý klesol od roku 1940 o 50 %. Za hlavné príčiny oligospermie sa považuje kontaminácia potravy, vody a vzduchu rôznymi chemickými látkami. Expozícia chemických látok v pracovnom a životnom prostredí, najmä nematocídov, organofosfátov, estrogénnych látok, benzénu, zinku, olova, kadmia, ortute atď., má antispermatogéne účinky (Bonde a Kolstad, 1997; Bigelow et al., 1998). Klinické aj laboratórne štúdie naznačujú, že tieto zmeny môžu byť vo vzájomnom vzťahu a môžu mať pôvod v období fetálneho života alebo detstva. Chemické látky v prostredí a v potravinách pôsobiace na endokrinný systém ovplyvňujú vývoj semenníka *in utero* a spôsobujú zvýšenie výskytu ochorení pohlavného systému (rakovina semenníka, kryptorchizmus, hypospadiá atď.) najmä v posledných 50 rokoch (Toppari et al., 1997). Ďalším problémom je zlá kvalita spermií a výskyt protilátok v ejakuláte niektorých mužov proti vlastným spermiám, azoospermia, neschopnosť spermií preniknúť cez

stenu vajíčka a v niekoľkých prípadoch aj hormonálne poruchy. Rôzne drogy, ktoré zahŕňajú tabak, alkohol, marihuanu a narkotiká, sú potenciálne antispermatogénne (Baker, 1998; Tas, Lauwerys a Lison, 1996).

Ako uvádza Bukovský (2006), testosterón a od neho odvodené látky (deriváty) sa stále častejšie a ilegálne používajú ako stimulatory rastu svalovej hmoty. Testosterón a deriváty v syntetickej podobe spôsobujú zmenšenie semenníkov a drastickú redukciu plodnosti. Akékoľvek užívanie hormónov by mal posudzovať a sledovať lekár. Práve týmto všetkým faktorom treba venovať pozornosť, a tým zabrániť sterilite muža.

1.3.1 Základné živiny

Bielkoviny

Červený a Červená (1990) uvádzajú že, bielkoviny tvoria aminokyseliny, ktorých poznáme asi 200. Bežne sa v potrave vyskytuje 23 aminokyselín. Z toho 15 aminokyselín si náš organizmus vie vyrobiť sám, zvyšných 8 (lyzín, leucín, fenylalanín, metionín, treonín, valín, tryptofán a izoleucín) musíme organizmu dodať potravou. Treba pripomenúť, že potreba bielkovín sa mení v závislosti od pohlavia, veku, fyzickej námahy, zdravotného stavu, telesnej hmotnosti atď. Živočíšne bielkoviny sú pre náš organizmus nevyhnutné. Zistilo sa, že bielkoviny niektorých rastlín majú pre človeka vyššiu biologickú hodnotu než bielkoviny mlieka a mäsa. Znížený príjem bielkovín alebo úplný nedostatok spôsobuje najmä u detí, zdravotné ťažkosti. Ak sa z organizmu vylučuje väčšie množstvo dusíka, než je jeho príjem, hovoríme o negatívnej dusíkovej bilancii, a naopak. Dôsledky nedostatku bielkovín sú známe.

Nadbytok bielkovín v strave podporuje dnu, predčasné kôrnatenie tepien, neurózu, obličkové, srdcové a iné choroby. Podľa najnovších výskumov Svetovej zdravotníckej organizácie a Organizácie pre výživu je výskyt koronárnych chorôb srdca, aterosklerózy, rakoviny hrubého čreva, prsníka, prostaty, zníženie plodnosti (impotencia) a iných civilizačných chorôb tým vyšší, čím vyššia je spotreba bielkovín, najmä živočíšnych. Nadbytok bielkovín v našej strave spôsobuje následne nedostatok vápnika, zinku, vitamínov B₃ a B₆, z čoho následne vyplývajú poruchy plodnosti, rakovina prostaty a ďalšie z hore uvedených ochorení. Americká národná a výskumná rada a komisia pre potraviny a výživu stanovila odporúčanú spotrebu bielkovín na 55 g

pre ženy a 65 g pre mužov na úrovni dvojnásobku množstva, ktoré sa ukázalo ako dostačujúce. Bielkoviny sú určené v priemere 0,75 g na 1 kg hmotnosti.

Tuky

Podľa Beňa (2001) sú tuky (lipidy) organické látky, ktoré orgány tela (výnimkou je nervový systém) využívajú na zabezpečenie energie pre svoju činnosť. Vo vode sa zle rozpúšťajú. Rezervný telesný tuk má veľký energetický potenciál, a preto je pre organizmus veľmi významný. Tuky sa zúčastňujú aj na tvorbe štruktúr orgánov a zabezpečovaní ich funkcie, sú nosičmi iných látok, ktoré sú v nich rozpustné (napr. vitamíny), ovplyvňujú imunitu, zápaly, karcinogénu a iné fyziologické a patologické procesy. Významnú úlohu v látkovej premene majú najmä triacylglyceroly, fosfolipidy a cholesterol.

Z hľadiska pôvodu rozdeľujeme tuky na živočíšne a rastlinné, ktoré sa odlišujú jednak obsahom rozličných mastných kyselín a jednak obsahom cudzorodých látok. Je všeobecne známe, že väčšina toxických, mutagénnych, teratogénnych a karcinogénnych látok je lipofilná – ľahko sa viaže na tuky, najmä živočíšneho pôvodu. Mäso, mlieko a vajcia často obsahujú vysoké množstvo polychlórovaných bifenylov, kadmia a ďalších látok, ktoré spôsobujú zníženie alebo úplnú sterilitu a ďalšie choroby, ako napríklad rakovinu. Tuky neexistujú len vo viditeľnej forme (masť, olej, maslo, loj), ale aj v neviditeľnej forme „skryté“ v potravinách. Čím vyšší je podiel tukov na celkovom energetickom obsahu potravy, tým väčšia je pravdepodobnosť, že sa človek stane obéznym, z čoho vyplývajú aj choroby, ako napríklad zníženie plodnosti až úplná sterilita, ischemické choroby srdca, na ktoré sa zvyšuje úmrtnosť, ateroskleróza, rakovina a iné. Dokladom toho sú pokusy na zvieratách. U zvierat žijúcich voľne v prírode sú tieto choroby (neplodnosť, ateroskleróza, ischemické choroby srdca vďaka nadbytku tukov) veľmi zriedkavé. Viac postihnutých zvierat je tých, ktoré sú chované v umelých podmienkach s neprirodzenou stravou. Preukázal sa u nich znížený proces reprodukcie, dokonca u niektorých až úplná strata plodnosti, ktorá zapríčinila neschopnosť rozmnožovania potomstva a iné veľmi závažné ochorenia. S tukmi súvisí aj vitamín B₁₂. Chorým na ischemickú chorobu srdca, aterosklerózu, rakovinu, hypertenziu, nadmernú tučnosť, sterilitu, cukrovku, dnu, reumatizmus a niektoré ďalšie choroby veľmi škodia živočíšne tuky. Veľmi sa rozšírili aj choroby ako vysoký krvný tlak, choroby žľáz a ďalšie choroby neuro-humorálnej regulácie. Tieto choroby sú prevažne zapríčinené vysokým podielom tukov v strave, najmä nenasýtených tukov

a cholesterolu, viazaných na nosiče označované ako LDL. Pre organizmus sú najvodnejšie esenciálne mastné kyseliny, ktoré sú viazané v bunkách rastlinnej potravy. (Červený a Červená, 1990).

Optimálne množstvo lipidov pre zdravého dospelého človeka je $1,0 - 1,2 \text{ g.kg}^{-1}$ denne, pričom závisí najmä od vykonanej fyzickej aktivity. Odporúčaná denná dávka je maximálne 30 energetických %, pričom nasýtené, monoénové a polyénové kyseliny by mali tvoriť vždy 1/3 príslušného množstva. Esenciálne mastné kyseliny v potrave by mali tvoriť 3 – 4 energetické %,

čo je zahrnuté do uvedenej dennej dávky lipidov. Energetická hodnota 1g tukov je 38 kJ (9 kcal).

(Beňo, 2001).

Sacharidy (cukry)

Sacharidy sú najdôležitejším a rýchlym zdrojom energie pre človeka. Ich dostatočný príjem šetrí rezervy telesných proteínov a tukov. Hoci ich hlavnou úlohou je zabezpečenie energie, majú aj iné funkcie: podieľajú sa na formovaní štruktúry a činnosti orgánov a ovplyvňujú látkovú premenu. Významnú úlohu v organizme majú aj nestráviteľné sacharidy rastlinného pôvodu.

Energeticky využiteľné sacharidy sa rozdeľujú na monosacharidy (najmä glukóza, fruktóza a galaktóza), disacharidy (sacharóza – rafinovaný cukor, laktóza, maltóza) a polysacharidy (škrob – amyloza, amylopektín a dextríny). Energeticky nevyužiteľné sacharidy, predovšetkým polysacharidy, tvoria nestráviteľnú zložku rastlinnej potravy. Sú to celulózy a hemicelulózy, základom ktorých je glukóza, ďalej pektíny, rezistentný škrob, gummy, slizy, lignín a iné látky. Označujú sa aj ako neškrobové polysacharidy alebo všeobecne ako vláknina. Najdôležitejším sacharidom v organizme je glukóza. Jej biologická hodnota spočíva v tom, že je bezprostredným dodávateľom energie pre všetky bunky, predovšetkým pre nervové bunky centrálného nervového systému a erytrocyty (Beňo, 2001).

Konzumácia bieleho cukru vytvára v tele nedostatok vápnika, horčíka, sodíka, chrómu, zinku a vitamínov skupiny B. Tieto látky sú nevyhnutné pre metabolizmus cukrov a ak sa nedodávajú súčasne s ním, vytvára sa deficit vyvolávajúci demineralizáciu kostí, zubov, chrčtice, ďalej neurózy a bolesti hlavy, zhoršuje sa

trávenie, znižuje sa plodnosť u mužov a žien, vznikajú dermatózy, znižuje sa obranyschopnosť organizmu a jeho vitalita, degenerácia orgánov najmä pankreasu. Nedostatočným prívodom energie sú postihnuté hlavne mozgové bunky. Prejavuje sa to malátnosťou, únavou. Nadbytočný cukor (30 – 40 %) sa premieňa na tuk a prispieva k nadmernej tučnote, ktorá má za následok ischemické choroby srdca, aterosklerózu, dnu, reumatizmus a v neposlednom rade zníženie plodnosti až sterilitu a iné veľmi závažné ochorenia. Konzumácia cukru znižuje aktivitu mnohých enzýmov a zhoršuje funkciu sérových bielkovín. (Červený a Červená, 1990). Optimálne množstvo sacharidov pre zdravého človeka je 4,0 – 5,5 g.kg⁻¹ denne, pričom závisí najmä od potreby energie na fyzickú aktivitu. Odporúčaná denná dávka sacharidov je 55 – 60 energetických %, vrátane rýchlo vstrebateľných sacharidov, mono- a disacharidov, ktoré by nemali tvoriť viac ako 10 energetických % z denného príjmu energie. Energetická hodnota 1 g sacharidov je 17 kJ (4 kcal). Odporúčaná denná dávka vlákniny u dospelého človeka je 30 g (Beňo, 2001).

1.3.2 Vitamíny

Beňo (2001) uvádza že, vitamíny sú organické zlúčeniny, ktoré si telo človeka nedokáže samo syntetizovať, takže ide o esenciálne látky, ktoré sú však nevyhnutné pre správny priebeh látkovej premeny v organizme. Prijímajú sa v minimálnych množstvách a nemajú energetický význam. Ich absolútny nedostatok – avitaminóza – spôsobuje závažné poruchy funkcie a morfológie orgánov, v našej populácii je však zriedkavý. Častejšie sú skryté nedostatky vitamínov – hypovitaminózy – rôzneho stupňa, v mnohých prípadoch bez typických príznakov.

Vitamíny rozpustné v tukoch

Vitamíny rozpustné v tukoch sa nazývajú liposolubilné a patrí k nim vitamín A (retinol), provitamín A (betakarotén), vitamín D (karciferol), vitamín E (tokoferol) a vitamín K (fylochinón). Vyskytujú sa v potravinách živočíšneho i rastlinného pôvodu. Trávia sa a vstrebávajú sa spolu s tukmi.

•vitamín A (retinol, retinoidy) a karotenoidy

Retinol je zo skupiny retinoidov najúčinnější prírodný vitamín A. Môže sa vytvárať aj z karotenoidov, ktoré sa nachádzajú v rastlinnej potrave. Najúčinnjším provitamínom A z karotenoidov je betakarotén, z ktorého sa vitamín A vytvára transformáciou. Zásoba tohto vitamínu sa nachádza v pečeni.

Je dôležitý pri tvorbe rodopsínu v oku na zabezpečenie správneho videnia, má významný vplyv na diferenciáciu buniek slizníc a kože, čo je dôležité pri inflamácii a karcinogéze, a okrem toho ovplyvňuje aj morfogenézu, rast, reprodukciu a imunitu. Betakarotén pôsobí v lipofilnom prostredí, ako aj ako významný antioxidant. Ako uvádza Kuzma (2006), celý rad výskumov ukázal, že pri bohatšom prívode vitamínu A a karoténov sa niektoré druhy nádorov vyskytujú zriedkavejšie, napríklad rakovina pľúc, hrtana, pažeráka, žalúdka, močového mechúra, prostaty, a kľčka maternice.

Ako uvádza Beňo (2001), vitamín A sa nachádza v živočíšnych produktoch, a to napríklad vo vaječnom žĺtku, mliečnych výrobkoch, masle, pečeni a rybom tuku. Betakarotén sa vyskytuje v zelenej a žltej zelenine v mrkve, hrášku, špenáte, petržlenovej vňati, rajčiakoch, šaláte, kapuste a kukurici, ako aj v žltom ovocí v marhuliach, broskyniach, ale aj v jahodách a podobne.

•vitamín E (tokoferol)

Ide o skupinu chemických zlúčenín tokoferolov, z ktorých najúčinnější je alfatokoferol. Vyskytuje sa v rastlinnej aj živočíšnej potrave. Digescia a absorpcia tohto vitamínu sú podmienené prítomnosťou tukov v strave. Jeho transport v krvnom obehú je sprostredkovaný lipoproteínmi. Zásoby si telo vytvára v pečeni a v rezervnom tuku.

Dôležitosť vitamínu E sa najprv zistila pri zabezpečovaní normálnej plodnosti u oboch pohlaví a priebehu gravidity. Okrem toho ovplyvňuje aj látkovú premenu vo svalstve a nervovom tkanive, ako aj hemolýzu. Veľmi významná je úloha tohto vitamínu ako antioxidantu, ktorý pôsobí v lipofilnom prostredí. Je najdôležitejším neenzýmovým antioxidantom pôsobiacim na úrovni bunkových membrán, kde zabraňuje oxidácii polynenasýtených mastných kyselín, ale pôsobí aj intracelulárne, extracelulárne a intravaskulárne. Je schopný blokovat' oxidačné reťazové reakcie, a tým ovplyvniť proces zápalu, toxického poškodenia, karcinogézu a vývin iných degeneratívnych ochorení, ktoré ovplyvňujú plodnosť mužov a žien, látkovú premenu a mnoho ďalších procesov v tele. Okrem toho má významný účinok na imunitu.

Nachádza sa v rastlinných olejoch (do ktorých sa často pridáva ako antioxidant), pšeničných klíčkoch, listovej zelenine a v celozrnných výrobkoch, zo živočíšnych potravín sa vyskytuje najmä v mäse, vaječnom žĺtku, mlieku a pečeni.

Vitamíny rozpustné vo vode

Vitamíny rozpustné vo vode sa nazývajú hydrosolubilné a patria k nim najmä vitamíny skupiny B: tiamín (vitamín B₁), riboflavín (vitamín B₂), niacín (amid kyseliny nikotínovej), pyridoxín (vitamín B₆), kyselina pantoténová, kyselina listová, kobalamín (vitamín B₁₂), biotín a vitamín C. Zvyčajne sú rastlinného pôvodu, takže ich zdrojom sú rastlinné potraviny a následne aj potraviny živočíšne. Ich význam spočíva predovšetkým v zabezpečení látkovej premeny vo všeobecnosti, teda vo všetkých orgánových systémoch tým, že pôsobia najmä ako koenzýmy enzymatických reakcií. V tele človeka sa zásoby týchto vitamínov zvyčajne nevytvárajú (s výnimkou vitamínu B₁₂).

•vitamín B₁ (tiamín)

Tiamín sa vyskytuje v rastlinných a živočíšnych potravinách, z ktorých sa uvoľňuje v priebehu digestie v tenkom čreve. Potom sa absorbuje aktívnym, ale aj pasívnym transportom cez enterocyty tenkého čreva do krvného obehu, dostáva sa do pečene a ostatných telových buniek. Má kľúčovú úlohu ako koenzým v látkovej premene sacharidov pri dekarboxylácii a transketolázovej reakcii a ovplyvňuje vedenie nervových vzruchov.

Nevyhnutný na získavanie energie zo sacharidov, tukov. Bráni v tele tvorbe toxických látok, ktoré môžu poškodzovať srdce, nervový systém, pohyblivosť spermií a tým znížiť plodnosť mužov. Pri nedostatku vitamínu B₁ nastáva strata chuti do jedla, zmätenosť, opuchy končatín, strata vnímania, svalová slabosť, nervové poruchy, znížená plodnosť, zväčšenie srdca, ktoré je časté u alkoholikov. Nadbytok vitamínu B₁ nie je známy, každý nadbytok sa vylučuje obličkami. Zo živočíšnych produktov sa nachádza najmä v mäse, rybách, mlieku a mliečnych výrobkoch, z rastlinných potravín v obilí a obilných klíčkoch, ryži, strukovinách, orieškoch, zemiakoch a droždí.

•kyselina listová

Nazýva sa aj kyselina pteroylglutámová a je súčasťou kyseliny tetrahydrolistovej, ktorá je nevyhnutná pre syntézu nukleových kyselín v bunkách. Nachádza sa v živočíšnych a rastlinných produktoch. Po digescii potravy sa tetrahydrofolát hydrolýzou štiepi na pteroylglutamát, ktorý sa cez enterocyty vstrebáva do krvi, kde sa naviaže na proteínový nosič. Pteroylglutamát cirkulujúci v krvi vychytávajú bunky tela, pričom sa za účasti vitamínu B₁₂ znovu syntetizuje tetrahydrofolát, ktorý je potrebný pre syntézu nukleových kyselín (DNA, RNA).

Dostatočné množstvo kyseliny listovej je nevyhnutné pre normálne rozmnožovanie buniek, predovšetkým krviniek, reprodukčných buniek atď. Jej zásoby sa vytvárajú najmä v pečeni, ale aj v iných orgánoch. Deficit sa vyskytuje pri nedostatočnom príjme, pri malabsorpcii a nesprávnej utilizácii, napríklad pri interakcii s liekmi, u alkoholikov a pri iných chronických ochoreniach.

Najčastejším následkom nedostatku kyseliny listovej je vznik makroovocytovej až megaloblastickej anémie, ako aj zníženie počtu leukocytov a trombocytov, poškodenie čriev, vedúce k poruche vstrebávania živín. Spájaný je aj s defektmi tvoriaceho sa nervového systému plodu, znížená tvorba a pohyb spermii a tým zapríčinená sterilita mužov. Nadbytočný príjem sa klinicky neprejavuje. Vylučuje sa močom a žlčou.

Z rastlinných produktov ju obsahuje čerstvá zelenina, čerstvé ovocie, obilniny, obilné klíčky a droždie, zo živočíšnych produktov sa nachádza v pečeni, obličkách, mäse a vajciach.

•vitamín C

Resorpcia vitamínu C je zabezpečená dostatočnou digesciou potravy, aktívnym transportom cez sliznicu tenkého čreva a prechodom do krvného obehu, odkiaľ je k dispozícii všetkým tkanivám. Deponuje sa do pečene, endokrinných orgánov a iných orgánov.

Vitamín C má významnú úlohu v metabolizme. Pôsobí ako mohutný neenzýmový antioxidant vo vodnom prostredí a podieľa sa na regenerácii oxidovaného vitamínu E. Pôsobí pri syntéze kolagénu a karnitínu, ako kofaktor pri syntéze noradrenalínu a sérotonínu, ovplyvňuje hydrolyzáciu cholesterolu v pečeni, zvyšuje resorpciu železa v tenkom čreve a stabilitu kyseliny listovej, ovplyvňuje imunitu,

karcinogézu a aterogézu. Zvýšené požiadavky na príjem tohto vitamínu majú deti a dojčatá, ženy v období gravidity a laktácie, fajčiari a často aj osoby vyššieho veku. Plodnosť mužov je podmienená dostatkom esenciálnych kyselín, vitamínov A, B, C, E. Všetky tieto látky sú nezastupiteľné pri tvorbe zdravých spermií. Nadbytočný príjem sa klinicky neprejavuje. Vylučuje sa močom a žľou.

1.3.3 Minerálne látky

Beňo (2001) uvádza že, mnohé minerálne látky sú pre organizmus esenciálne. Majú významnú stavebnú úlohu – zúčastňujú sa na tvorbe tkanív, na raste orgánov a ich funkcii, sú súčasťou mnohých biochemických procesov v metabolizme živín, podieľajú sa na vedení nervových vzruchov a iných fyziologických činnostiach. Rozdeľujú sa na:

- makroelementy, resp. elektrolyty (denná potreba je vyššia ako 100 mg): vápnik (Ca), fosfor (P), horčík (Mg), síra (S), sodík (Na), draslík (K), chlór (Cl),
- mikroelementy (denná potreba je nižšia ako 100 mg): železo (Fe), zinok (Zn), meď (Cu), selén (Se), jód (I), chróm (Cr),
- stopové prvky (denná potreba sa uvádza v ng, nepokladajú sa za esenciálne a ich účinnosť sa stále overuje): arzén (As), bór (B), mangán (Mn), molybdén (Mo), nikel (Ni), kremík (Si), vanád (V), bróm (Br), fluór (F), olovo (Pb), cín (Sn) a iné.

Aby telo správne vykonávalo všetky činnosti, nevyhnutne potrebuje 16 minerálnych látok. Tie sa považujú za životne nevyhnutné vtedy, ak sa zúčastňujú aspoň jedného metabolického pochodu, potrebného na prežitie, rast alebo rozmnožovanie. Minerálne látky tvoria len 3 – 4 % hmotnosti ľudského tela. Krátkodobo si telo samo vie udržať rovnováhu minerálnych látok.

1.3.4 Rizikové prvky

Ako uvádza Šalgovičová (2007), zvýšená pozornosť z hľadiska kontaminácie potravín a krmív sa venuje obsahu rizikových chemických prvkov, ktoré sú významnými environmentálnymi kontaminantami potravinového reťazca. Od roku 1985 sa analyzovalo 162 012 vzoriek potravín a krmív, z nich 2,2 % nadlimitných. Pri porovnaní percenta nadlimitných vzoriek na obsah rizikových prvkov z domácej produkcie a importu boli vyššie percentá nevyhovujúcich vzoriek zistené v prípade chrómu, arzénu, kadmia a olova pri dovážaných produktoch a naopak, v prípade niklu, medi a zinku pri domácej produkcii.

•Zinok (Zn)

Turek (2007) uvádza že, zinok sa zaraďuje do radu stopových prvkov. Je to veľmi dôležitý prvok, zasahujúci do veľmi významných pochodov v ľudskom organizme. Zinok je zastúpený v 70 enzýmoch, je dôležitým prvkom, ktorý sa významnou mierou podieľa na pohlavnom dospievaní chlapcov, ďalej zvyšuje aktivitu inzulínu a zastupuje množstvo ďalších úloh. Zinok zlepšuje činnosť obličiek, má antikarcinogénne a detoxikačné účinky.

Zinok sa nachádza vo všetkých telesných tkanivách a je nevyhnutnou zložkou širokého radu enzýmov. Má nezastupiteľnú úlohu aj pri udržiavaní a replikácií genetického materiálu každého jednotlivca (DNA a RNA) a zúčastňuje sa na schopnosti tela „čítať“ genetickú informáciu. Preto je pre zdravý rast organizmu životne dôležitý. Zvlášť významnú úlohu hrá vo vývoji vaječníc a vajícok, pri nedostatku zinku v detstve a puberte sa spomaľuje rast a pohlavný vývoj dievčat, ale aj chlapcov. Spôsobuje zníženie plodnosti až úplnú impotenciu. Pri nedostatku zinku sa zabraňuje správne pohybu spermii a ich tvorbe. Ďalej je dôležitý pre sexuálny vývin, hojenie rán a rast. Zinok je takisto nevyhnutný pre činnosť imunitného systému. Aj jeho mierny nedostatok zvyšuje nebezpečenstvo nákazy. Preto je tento prvok taký významný vo výžive starších ľudí. Je nevyhnutný pre metabolizmus alkoholu, ktorý tiež značnou mierou ovplyvňuje zdravie človeka.

Beňo (2001) uvádza že, zinok sa nachádza v živočíšnych i rastlinných potravinách, kde je zvyčajne viazaný na proteíny. Z potravy sa uvoľňuje v priebehu

digestie v tenkom čreve a pasívnou difúziou sa dostáva cez enterocyty do krvného obehu, kde sa viaže na albumín. Zníženie resorpcie zinku spôsobuje aj jeho väzba na kyselinu fytovú v potrave. Endogénna exkrécia tohto prvku sa uskutočňuje najmä sekréciou pankreatickej šťavy, časť sa vylučuje aj obličkami. Zinok je pre organizmus esenciálny, pretože je súčasťou metaloenzýmov, kde sa zúčastňuje na ich štruktúre, katalytickej a regulačnej aktivite. Ide napríklad o karbonátdehydratázu, karboxypeptidázu, alkalickú fosfatázu a superoxiddismutázu, ako aj rôzne dehydrogenázy. Denný príjem zinku by mal dosahovať 14 mg.

Nedostatok zinku sa môže vyskytnúť pri nedostatočnom príjme v potrave, u chorých s poruchami digestie a resorpcie v tenkom čreve, ako aj u starých alebo dlhodobo chorých osôb. Nadmerný príjem zinku môže mať toxické účinky najmä v gastrointestinálnom systéme. Aj keď pravdepodobnosť otravy zinkom je nízka a väčšinou k nej nedochádza, iba u ľudí, ktorí pravidelne užívajú veľké dávky zinkových prípravkov. Všetok potrebný zinok by malo telo načerpať z bežnej rozmanitej stravy. Najlepším zdrojom sú kôrovce a mäkkýše, najmä ustrice. Cigánková et al., (1994, 1997, 1998) uvádza, že deficit zinku pôsobuje atrofiu semenotvorného epitelu, poškodzuje sa vývoj gonád, čo sa primárne prejaví hypogonadizmom. U pohlavne dospelých jedincov deficit zinku spôsobuje poruchy v priebehu spermatogenézy. Pri zníženej koncentrácii zinku v krvi je nižšia hustota a aktivita spermii, je znížená prežiteľnosť spermii ako aj vyšší výskyt patologických spermii. Vyskytujú sa zdvojené hlavičky spermii, tvar hlavičiek v podobe písmena U, L, hlavičky trojuholníkového tvaru na priečnom priereze a rôzneho bizarného tvaru.

Zinok sa nachádza aj v obilninách, väčšinou však vo vonkajších vrstvách šupiek, ktoré sa pri mletí zrna odstraňujú. Vlákna obilnín navyše obsahuje fytáty, ktoré obmedzujú schopnosť tela vstrebávať minerálne prvky, medzi nimi i zinok. Preto sa zinok ľahšie vstrebáva zo živočíšnych zdrojov, napríklad z mäsa, hydiny, vajec a mliečnych výrobkov. Ďalej sa zinok vyskytuje v pečeni, strukovinách, droždí, hubách a kakau.

•Selén (Se)

Šinková (2007) uvádza, že jednou zo zaujímavých látok v strave je stopový prvok selén. Považuje sa za živinu i toxickú látku. V roku 1817 ho objavil Švéd Berzelius a pomenoval ho po Seléne – gréckej bohyni Mesiaca. Vyskytuje sa v zemskej kôre

v množstve približne 0,05 – 0,09 mg.kg⁻¹. Obsah selénu v prírodných vodách sa pohybuje medzi 0,06 – 1,8 ng.g⁻¹. Slovensko patrí medzi oblasti s pomerne nízkou koncentráciou selénu.

Podľa Sabolovej (2007) selén sa v zlúčeninách prirodzene vyskytuje v párnych kladných oxidačných stupňoch. Jeho anorganické zlúčeniny – seleničitany a selénany sa nachádzajú pôde a vo vode, odkiaľ sa pôsobením rastlín a nižších živočíchov transformujú na prechavé metylované selenidy. Rastliny a živočíchy obsahujú výlučne organické zlúčeniny selénu prevažne selénoaminokyseliny a selénoproteíny, prípadne ich deriváty. V zemskej kôre sa selén vyskytuje v stopových množstvách (50 – 90 µg.kg⁻¹), pričom zvyčajne sprevádza síru a sulfidy ťažkých kovov. Jeho obsah v pôde je variabilný. Vo všeobecnosti býva vnútrozemie bohatšie na selén ako prímorské oblasti, avšak aj v rámci jednotlivých teritórií existujú v koncentráciách selénu veľké rozdiely. Krajiny s pomerne vysokým pedosférym obsahom selénu sú Kanada a USA, na druhej strane Nový Zéland, niektoré provincie Číny, Fínsko, Švajčiarsko a Slovensko sú známe veľmi nízkym obsahom selénu v pôde.

Podľa Šinkovej (2007) selén prechádza do potravinového reťazca z pôdy, pričom sa zabudováva do rastlinných bielkovín vo forme aminokyselín L-selenocysteínu a L-selenometionínu. Jeho hlavným zdrojom sú teda rastliny a potraviny rastlinného pôvodu. Z rastlinných krmív prechádza aj do mäsa, pričom jeho obsah v svalovine kolíše podľa obsahu v konkrétnych krmivách. Obsah selénu v rovnakých produktoch však môže byť rozdielny podľa obsahu selénu v pôde, závisí teda od lokality, z ktorej produkty pochádzajú.

Zmienka o význame selénu pre zdravie pochádza z roku 1957, kedy sa pri pokusoch s krysami dokázal jeho preventívny účinok proti nekróze pečene pri nedostatku vitamínu E. Neskôr sa zistilo, že selén pôsobí ochranné proti celému radu ochorení hospodárskych zvierat. Selén tvorí súčasť antioxidantného enzýmu glutationperoxidázy, ktorý chráni bunky organizmu pred oxidačným poškodením voľnými radikálmi produkovanými bežne počas metabolizmu a zapríčiňujúcimi vznik a rozvoj niektorých chronických ochorení. Selén je nevyhnutný aj na zabezpečenie normálnej funkcie imunitného systému a štítnej žľazy. Ako uvádza Beňo (2001), spolu s vitamínom E pozitívne pôsobí na toxické chemické poškodenie tkanív, inflamáciu, imunitu a karcinogézu. Antioxidant selénu je významný a nevyhnutný na zdravý pohlavný vývoj mužov a žien.

Podľa Šinkovej (2007) jeho nedostatok v strave sa prejavuje zníženou antioxidačnou ochranou organizmu a v konečnom dôsledku celým radom rôznych ochorení – od chronického zlyhania obličiek až po svalovú dystrofiu či stuhnuté kĺby. Nedostatok selénu spôsobuje zastavenie rastu, oneskorený pohlavný vývoj a zníženie pohyblivosti sa životaschopnosti spermii, čo vedie k zníženej až úplnej impotencii mužov (Beňo, 2001). Veľmi toxické sú aj vysoké dávky selénu. Selén pri nadbytku spôsobuje vypadávanie vlasov, depigmentáciu pokožky, únavu. Šinková (2007) uvádza, že k najzaujímavejším poznatkom patria výsledky vedeckých štúdií, ktoré poukázali na skutočnosť, že pri vyššom príjme selénu klesá úmrtnosť na niektoré druhy rakoviny (pľúc, hrubého čreva a prostaty). Na druhej strane sa ukazuje, že v oblastiach s nízkou hladinou selénu v pôde, kde obyvateľstvo prijíma menej selénu v strave, dochádza k častejšiemu výskytu niektorých druhov rakoviny a srdcovo–cievnych ochorení. Hoci všetky súvislosti ešte neboli jednoznačne potvrdené, bol vyvinutý celý rad výživových doplnkov so selénom, ktorých producenti propagujú najmä priaznivé účinky proti rakovine a srdcovo–cievnym ochoreniam.

V období roku 1983 – 1993 sa v USA uskutočnil rozsiahli výskum s vyše 1300 jedincami vo veku od 18 do 80 rokov, ktorého výsledky dokázali priaznivé pôsobenie selénu z pivovarských kvasníc. Významne sa znížila úmrtnosť na rakovinu, a to až o 50 % v porovnaní s kontrolnou skupinou. Došlo k zníženiu výskytu rakoviny pľúc, hrubého čreva a prostaty. Niektorí vedci navrhli, aby sa pri liečbe rakoviny používali dokonca vyššie dávky selénu. Pri pokusoch na zvieratách sa dokázal ochranný účinok selénu proti nepriaznivému pôsobeniu UV žiarenia, v dôsledku čoho sa výrazne znížil výskyt prípadov rakoviny kože.

Zistilo sa, že neplodní muži majú veľmi nízke hladiny selénu v plazme. Škótska štúdia, ktorá trvala 2 roky, poukázala na skutočnosť, že dopĺňanie selénu v strave zvyšuje pohyblivosť spermii a podporuje plodnosť. Päť z pozorovaných mužov splodilo deti, napriek tomu sa uvádza, že v podobných štúdiách treba pokračovať, aby sa výsledky jednoznačne potvrdili (Šinková 2007). Selén sa horšie využíva pri ochorení na HIV/AIDS, pričom deficiencia selénu je sprievodným znakom postupujúceho ochorenia. Za optimálne hranice selénu v plazme sa považuje hodnota okolo 100 ng.l⁻¹. V európskych krajinách sa príjem selénu pohybuje v rozmedzí 25 – 150 ng.deň⁻¹. V roku 1993 boli priemerné koncentrácie selénu v plazme u 1056 vyšetrených osôb vo veku 19 – 82 rokov v rôznych oblastiach Slovenska v rozpätí 46 – 77 ng.l⁻¹, čo nás

zaraduje ku krajinám s nízkym statusom selénu. Zároveň sa potvrdilo, že vegetariáni sú na tom jednoznačne horšie ako nevegetariáni. Podľa štatistických údajov (vychádzajúcich z údajov o konzumácii jednotlivých potravín) je priemerný denný príjem selénu na Slovensku 38 ng. V záujme dobrého zdravia a reprodukcie by sme mali prijímať viac selénu. Svetová zdravotnícka organizácia odporúča jeho denný príjem na osobu v množstve 50 – 200 ng. Za optimálny denný príjem sa považuje 1 ng na kg hmotnosti, pričom vedecky odporúčané výživové dávky sú diferencované podľa veku a záťaže človeka (zvyšené nároky organizmu na selén sú napríklad u tehotných žien a dojčiacich žien, u mužov, ktorí chcú byť potenciálnymi rodičmi a chcú zabrániť poruchám plodnosti). V prípade určitých porúch môžu pomôcť výživové doplnky pod dohľadom lekára, ale bežný spotrebiteľ sotva odhadne, kde je hranica medzi užitočným a toxickým pôsobením, pritom nie je vylúčené, že si môže aj poškodiť.

Obsah selénu v jednotlivých potravinách mierne kolíše, ale jeho zdroje sú dobre známe. Sú to predovšetkým: mäso (najmä pečeň), vajcia, mliečne výrobky, semená a orechy a v menšom množstve aj obilniny, ovocie a zelenina. Napríklad v 100 g tekvicových semiačok je vyše 33 ng selénu, v rovnakom množstve vlašských orechov a vajec je ho vyše 20 ng, v kuracej pečeni asi 40 ng a v kyslomliečnych výrobkoch vyše 4 ng. Z ovocia sú obsahom selénu zaujímavé najmä hrušky (vyše 7 ng v 100g) a slivky (vyše 6 ng v 100g), ale aj hrozno (vyše 3 ng v 100g) a ďalšie. Dobrým zdrojom selénu je aj chlieb, pretože ho konzumujeme denne. Obilniny všeobecne obsahujú vyše 2 ng selénu na 100 g. Vedci sa zaoberali aj zmenami obsahu selénu v dôsledku spracovania a tepelnej úpravy potravín. Niektoré zlúčeniny selénu sú prchavé, a tak k určitým menším stratám dochádza, celkový obsah selénu v strave to však ovplyvňuje veľmi málo. (Šinková 2007).

•Molybdén (Mo)

Ide o prchavý element v prírode, ktorý je zložkou mnohých enzýmov. Po digescii potravy sa dostáva cez enterocyty hornej časti tenkého čreva aktívnym transportom, ale aj pasívnou difúziou do krvi, kde sa naviaže na proteínový nosič a je k dispozícii orgánom tela. Jeho exkrécia prebieha obličkami. Pôsobí ako kofaktor enzýmov aldehydoxidázy, xantínoxidázy a sulfidoxidázy, okrem toho ovplyvňuje aj funkciu receptora glukokortikoidov. Nedostatok molybdénu je spojený s poruchou rastu a plodnosti, zmenami metabolizmu kostí, neurologickými a očnými poruchami.

Ako uvádza Turek (2007), pri jeho nedostatku sa pozoruje narušenie metabolizmu steroidov, metabolizmu cysteínu a narušenie detoxikačných procesov, čo môže mať súvislosť s nedostatočnou tvorbou taurínu (ktorý vzniká z cysteínu). Ďalej sa uvádzajú tiež poruchy mozgovej činnosti, poruchy pohyblivosti spermíí, čo má za dôsledok sterilitu a iné. Potreba tohto prvku činí 100 µg na deň.

Beňo (2001) uvádza že, molybdén sa nachádza najmä v rastlinnej potrave – v strukovinách, obilninách a listovej zelenine, živočíšne produkty ho obsahujú málo.

1.3.5 Toxické prvky

•Kadmium (Cd)

Kadmium znamená v latinčine „zlomok z pece“. Je stálym sprievodcom zinku v mnohých jeho rudách a patrí medzi prechodné kovy (Engels a Nowak, 1977). Jirkovský, Tržil a Mažáriová (1981) uvádzajú že, je to striebrobiely kov mäkkší ako zinok, veľmi kujný a ťažný. Všetky zlúčeniny kadmia sú jedovaté. Ako uvádza Toman et al. (2003), emisie kadmia sa do atmosféry dostávajú z prirodzených zdrojov, no najmä z antropogénnych (napr. automobilová doprava a spaľovanie). Extrémne hodnoty Cd sa vyskytujú v hríboch, až 27,9 mg.kg⁻¹. Kadmium sa v organizme akumuluje najmä v pečeni a v obličkách. Odporúčaný týždenný príjem Cd je 7 µg.kg⁻¹, ale zvyčajný príjem je 1 – 4 µg.kg⁻¹ za týždeň. Pri koncentrácii požitého kadmia vznikajú škodlivé účinky, ako poškodenie pečene a obličiek, vracanie, hnačky šok a gastroenteritída. V obličkách vznikajú poruchy glomerulov a filtrácie v kanálikoch nefrónu. Poškodenie obličiek kadmium narúša metabolizmus minerálnych látok v kostiach a vzrastá vylučovanie vápnika a fosforu. To zapríčiňuje osteomaláciu. Zlúčeniny kadmia inhibujú karbamáthydroxázu, čím sú poškodené gonády. Dochádza k nekrózám semenníkov, k zastaveniu spermatogenézy i k nádorovým zmenám. Podobne sú postihnuté i vaječníky.

Kadmium spôsobuje zvýšenú peroxidáciu lipidov aj v semenníkoch (Yiin et al., 1999). Kadmium je známy rizikový faktor vzniku rakoviny prostaty najmä u fajčiarov. Vyšetrením obsahu Se a Cd v prostate sa zistilo, že kadmium sa hromadí v prostate. Zároveň sa u starších mužov znižuje koncentrácia selénu. Pri silných fajčiarov by nadmerný príjem Cd fajčením a nízky prívod Se mohol vysvetliť dôvod, prečo fajčiari podliehajú agresívnejšej a letálnejšej forme rakoviny prostaty, ako nefajčiari (Drasch,

Schopfer a Schrauzer, 2005).

V prípade výskytu morfológicky zmenených spermii v rozsahu 70 - 95 % sa progresívne znižuje úspešnosť oplodnenia zo 60 na 20 % (Liu a Baker, 1992). U väčšiny mužov je obtiažne presne určiť príčiny neplodnosti. (Irvine, 1998). Na neplodnosti mužov sa podieľa oligospermia 35 %, teratospermia spolu s astenospermia 30 % a obštruktívna azospermia 10 % (Liu a Baker, 1992). K najzávažnejším kontaminantom zo súboru chemických prvkov, ktoré na Slovensku sleduje monitoring cudzorodých látok v potravinovom reťazci patrí kadmium. Cd je zároveň považované za kov, ktorý negatívne vplýva na spermatogézu a jeho účinkom dochádza až k nekróze semenotvorného epitelu (Aoki a Hoffer, 1978). Kadmium je však schopné poškodzovať plodnosť aj po perorálnom príjme relatívne nízkych dávok (Toman et al., 2003).

Nikel (Ni)

Engels a Nowak (1977) uvádzajú, že nikel znamenal pôvodne z nemčiny nadávku „darebák“, pretože svojím vzhľadom mylil baníkov, vo vedomí, že ide o meďnatú rudu. V prírode sa nikel nachádza rýdži len v meteorickom železe. Inak sa vyskytuje v arzénových rudách. Je to biely, lesklý, kujný a ťažký prechodný kov, na vzduchu stály, slabo feromagnetický, odolný voči korózii. Ak je jemne rozptýlený, je výborným katalyzátorom pri stužovaní tukov (Jirkovský, Tržil a Mažárová, 1980).

Obsiahlejšie zdroje niklu je možné nájsť v orechoch a kakaových výrobkoch, konzervovanej zelenine, zaváraninách, cukre, chlebe či pečive. Denný príjem niklu z potravín predstavuje približne 150 – 170 ng. Všeobecne je priemerný denný príjem v rozmedzí 0,14 – 0,60 mg.kg⁻¹ s maximálnou hranicou 0,90 mg.kg⁻¹. Pri požití vyšších dávok, ako sú uvedené, sa môžu poškodiť krvné cievy, najmä v mozgu, ďalej sú poškodené obličky a srdcový sval. Taktiež sa dokázala jeho karcinogenita a zvlášť je nebezpečný po požití tetrakarbonyl niklu. Nikel prechádza placentou a embryotoxické i teratogénne účinky (Toman et al., 2003).

Antikarcinogénne účinky selénu sa študovali v súvislosti s účinkami niklu. Pacienti s rakovinou prostaty mali nižšiu hladinu selénu v sére, hladina niklu bola vysoko preukazne vyššia. Z výsledkov práce vyplýva, že selén môže mať užitočnú úlohu pri prevencii a liečbe rakoviny prostaty mužov (Ozmen et al., 2006).

Käkelä et al. (1999) sledovali účinok niklu na reprodukčné schopnosti laboratórnych potkanov. Nikel podávaný v pitnej vode spôsobil pokles oplodnení

a počtu narodených mláďat. Mortalita mláďat počas cicania sa zvýšila. U samcov nastali poruchy spermatogenézy. Po podávaní selénu spolu s niklom matkám, všetky mláďatá preživali a celkový počet pôrodov bol vyšší ako v kontrolnej skupine. Z výsledkov vyplynulo, že selén by mohol pôsobiť proti škodlivým účinkom niklu na reprodukciu.

Olovo (Pb)

Olovo je najrozšírenejším ťažkým kovom. Pochádza najmä z priemyselnej a banskej činnosti. Tetrametylolo a tetraetylolo je hlavným zdrojom atmosférického a suchozemského olova. Ďalším prírodným zdrojom olova sú niektoré vápence a galenit. Napriek vysokej ťažbe olova, v poslednom období je možné zaznamenať výrazný pokles intoxikácie týmto prvkom, ako dôsledok náhrady olovnatých aditív benzínu za neolovnaté a tiež v dôsledku ukončenia používania olova ako inštaláčného materiálu pre vodovodné rozvody. S výnimkou ojedinelých prípadov, prítomnosť olova v pitnej vode nie je najväčším hygienickým problémom. Potvrďuje to fakt, že nie sú zaznamenané otravy ani v prípadoch dlhoročného používania olovených vodovodných potrubí a to aj napriek tomu, že koncentrácie olova tam môžu krátkodobo dosiahnuť značné hodnoty (Engels a Nowak, 1977).

Akútne otravy olovom spôsobujú dysfunkcie rôznych orgánov, ako napr. obličiek, pečene, mozgu a centrálného a periférneho nervového systému, ako aj poruchy reprodukčného systému. U žien dochádza k poškodeniam pohlavného systému a u mužov k poruchám plodnosti, pohybu spermií a spermatogenézy. Pb taktiež inhibuje syntézu hemoglobínu. Pôsobenie olova na reprodukčné funkcie sa prejavuje tak pri expozícii matiek ako aj otcov. Výsledkom je nižší počet a nižšia hmotnosť detí a mláďat (Jegorovova et al., 1966). Sterilita, výskyt potratov a iné poruchy plodnosti u ľudí môžu byť spojené so škodlivým účinkom olova na gonády u jedincov pracujúcich pri spracovaní tohto kovu (Gunn a Gould, 1970).

2 CIEĽ PRÁCE

V práci sme stanovili nasledovné ciele:

- Zistiť výskyt Zn, Mg, Cd, Cu, Pb, Fe a Ni v ejakulátoch zdravých mužov z rôznych oblastí Slovenska
- Zistiť výskyt Zn, Mg, Cd, Cu, Pb, Fe a Ni v ejakulátoch mužov s diagnostikovanými poruchami plodnosti z rôznych oblastí Slovenska
- Porovnať rozdiely v koncentrácii sledovaných kovov medzi zdravými mužmi a mužmi s poruchou plodnosti
- Zhodnotiť riziko výskytu toxických prvkov v potravinovom reťazci vo vzťahu k plodnosti mužov

3 METODIKA PRÁCE

3.1 Odber a spracovanie vzoriek ejakulátu

Vzorky ejakulátov mužov pochádzali z Centra asistovanej reprodukcie ISCARE, a.s. Bratislava. Z odobratých ejakulátov sa náhodne vybralo 5 vzoriek ejakulátov pochádzajúcich od zdravých mužov – darcov. Ďalších 5 vzoriek ejakulátov sa náhodne vybralo zo súboru vzoriek pochádzajúcich od mužov, ktorí boli predtým diagnostikovaní s poruchou plodnosti.

Odber vzoriek sa realizoval rutinným spôsobom v centre asistovanej reprodukcie. Ejakuláty sa rutinne ďalej vyšetrili metódou Maklerovej komôrky, kde sa hodnotila pohyblivosť spermií, koncentrácia spermií a výskyt patologických spermií a iných anomálií ejakulátu (výskyt leukocytov). Podľa výsledkov hodnotenia ejakulátu, sa jednotlivé vzorky zaradili do skupín podľa poruchy, a to ako astenozoospermia (A), oligospermia (O), teratozoospermia (T), leukocytozoospermia (L), prípadne ako ich jednotlivé kombinácie. Normálne ejakuláty tvorili skupinu normozoospermia (N). Normozoospermia vyjadruje množstvo 20 mil. spermií v ml ejakulátu alebo 40 mil. spermií v celom objeme ejakulátu. Porucha pohyblivosti vyjadrená ako astenozoospermia znamená počet menej ako 50% pohyblivých spermií. Oligospermia je koncentrácia spermií nižšia ako 20 mil. v 1ml ejakulátu, teratozoospermia je ejakulát s viac ako 70% patologickými spermiami a leukocytozoospermia predstavuje ejakulát s výskytom leukocytov viac ako 2 mil. v 1ml ejakulátu. Vzorky boli až do výberu archovované v tekutom dusíku. Po získaní vzoriek sa uchovali až do analýz pri teplote - 20°C v mraziacom boxe.

3.2 Analýza ejakulátu na prítomnosť chemických prvkov

Ejakuláty zdravých mužov a aj mužov s poruchou plodnosti sa analyzovali na prítomnosť zinku, horčíka, kadmia, medi, olova, železa a niklu (Poľsko). Vzorky sa rozložili mikrovlnným žiarením (MLS-1200 MEGA, Taliansko) v roztoku 5 ml HNO₃ a 1 ml HCl na 1 g vzorky. Postup rozkladu v 5 minútových intervaloch postupne pri

výkone 250 W, 400 W, 500 W a 600 W. Vybrané kovy sa následne analyzovali metódou atómovej absorpčnej spektrofotometrie (Unican Solar 939, USA). Analýzy sa realizovali na Intstytut Biologii, Uniwersytet Pedagogiczny, Kraków (Poľsko). Výsledky analýz sa vyjadrili ako mg.kg^{-1} čerstvej hmoty.

4 VÝSLEDKY PRÁCE

4.1 ZASTÚPENIE PRVKOV V EJAKULÁTOCH

Analýzou hladín sledovaných prvkov (zinok, horčík, kadmium, meď, olovo, železo a nikel) v ejakulátoch mužov sme zistili výsledky, ktoré sú uvedené v tabuľke 1 a 2.

Tabuľka 1 Koncentrácia sledovaných kovov v ejakulátoch kontrolnej skupiny mužov

Kontrolná skupina	Zn	Mg	Cd	Cu	Pb	Fe	Ni
Priemer	8,06	22,97	0,34	1,94	2,12	10,88	1,08
Smerodajná odchýlka	2,59	6,14	0,15	2,27	1,02	5,65	0,41
Variačný koeficient (%)	32,18	26,71	45,43	116,87	47,90	51,91	38,00

Tabuľka 2 Koncentrácia sledovaných kovov v ejakulátoch mužov s poruchou plodnosti

Pokusná skupina	Zn	Mg	Cd	Cu	Pb	Fe	Ni
Priemer	10,41	29,30*	0,26	1,34	1,86	8,28	0,72
Smerodajná Odchýlka	8,66	14,23	0,14	0,41	0,58	4,17	0,28
Variačný Koeficient (%)	83,17	48,57	52,91	30,68	31,25	50,35	38,58

*P < 0,05

Analýza sledovaných ejakulátov v kontrolnej a pokusnej skupine preukázala, že priemerný obsah horčíka je v pokusných vzorkách $29,30 \text{ mg.kg}^{-1}$ a v kontrolnej vzorke $22,97 \text{ mg.kg}^{-1}$. Rozdiel bol štatisticky preukazný ($P < 0,05$). Priemerná hladina zinku bola nižšia u kontrolnej skupiny o $2,35 \text{ mg.kg}^{-1}$ ako u pokusnej skupiny. V kontrolnej skupine bol priemerný obsah kadmia $0,34 \text{ mg.kg}^{-1}$ a v pokusnej skupine $0,26 \text{ mg.kg}^{-1}$, čo je o $0,08 \text{ mg.kg}^{-1}$ menej čo znamená len mierne zníženie obsahu kadmia v pokusnej vzorke. Obsah medi v kontrolnej skupine predstavoval hodnotu $1,94 \text{ mg.kg}^{-1}$ a v pokusnej skupine $1,34 \text{ mg.kg}^{-1}$, čo znázorňuje tiež pokles hladiny medi v pokusnej vzorke. Priemerná hladina olova bola nižšia u pokusnej skupiny o $0,26 \text{ mg.kg}^{-1}$ ako u kontrolnej skupiny. Hladina železa v kontrolnej skupine bola $10,88 \text{ mg.kg}^{-1}$ a v pokusnej skupine $8,28 \text{ mg.kg}^{-1}$, čo poukazuje na výrazne nižší obsah železa o $2,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ v pokusnej skupine. Priemerný obsah niklu v ejakulátoch mužov, ktorí nemali poruchu plodnosti bol $1,08 \text{ mg.kg}^{-1}$ a jedinci, ktorí mali poruchu plodnosti mali priemerný obsah niklu v ejakulátoch $0,72 \text{ mg.kg}^{-1}$, čo predstavuje pokles obsahu v pokusnej skupine.

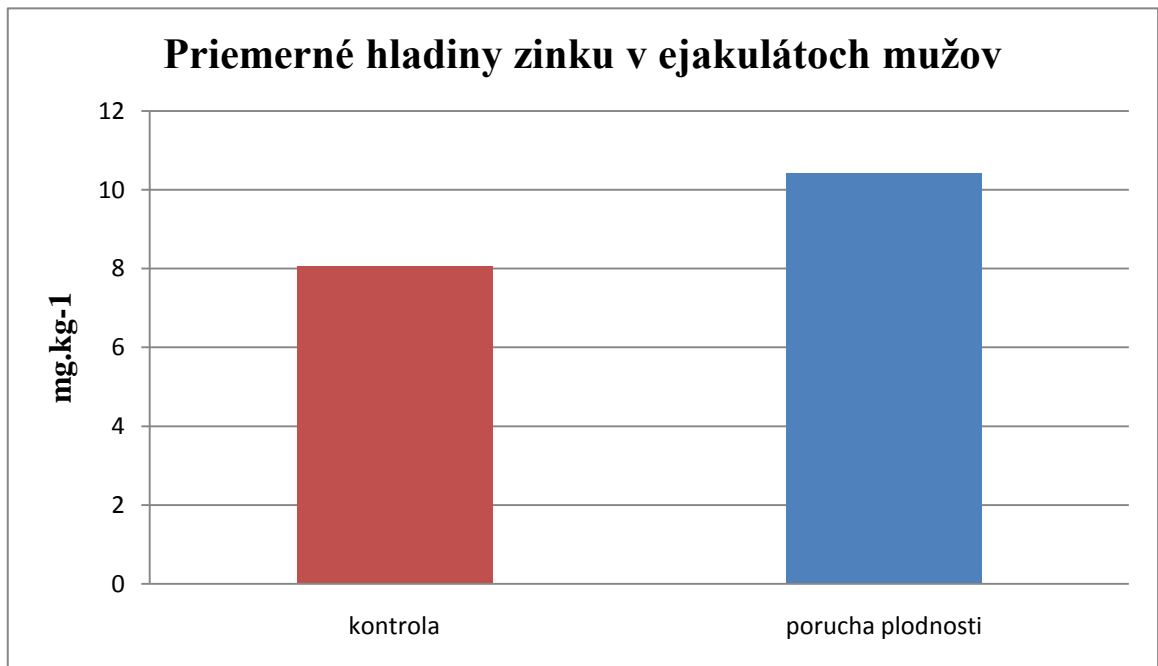
5 DISKUSIA

Vzhľadom na to, že terajší moderný priemysel a poľnohospodárstvo spôsobili a stále vo väčšej miere spôsobujú zvýšenie množstva ťažkých kovov, ako je kadmium, ortuť, olovo a meď v životnom prostredí, v krmivách zvierat a tým následne aj v potravinách, je potrebné, aby sa ľudia venovali tejto problematike vo zvýšenej miere. Je potrebné sledovať obsah kovových prvkov v pôde, vode, ovzduší, krmivách a potravinách z hľadiska potenciálneho ohrozenia zdravia človeka. Tieto kovy sa často nachádzajú vo fosílnych palivách, rôznych insekticídoch a v mnoho ďalších zdrojoch produktoch. Chemické prvky v potravinách majú stále svoju úlohu a všetky údaje a informácie je treba brať do úvahy aj preto, že v prijímanej potrave sa môže nachádzať aj viacero toxických prvkov naraz a ich účinok sa môže kumulovať.

V súčasnosti sa ťažké kovy zriedka sledujú aj vo veterinárnej andrológii. Tento laboratórny postup sa čoraz častejšie používa v andrologickom vyšetrení mužskej čiastočnej alebo úplnej infertility. Stanovenie vybraných ťažkých kovov (ortuť, olovo, kadmium, nikel) v ejakulátoch mužov sa často vykonáva hlavne u pacientov vystavených pôsobeniu týchto prvkov (pracovníci v hutách, zlievárňach, výrobníach akumulátorov, galvanizátorovňach a pod.). V súčasnosti sú známe základné mechanizmy toxicity jednotlivých prvkov, no v interakcii s inými stopovými prvkami dochádza v mnohých prípadoch k ťažko definovaným zmenám. Väčšina ťažkých kovov pôsobí na zvýšenú peroxidáciu lipidov, ako aj na tvorbu reaktívnych foriem kyslíka. Na druhej strane iné stopové prvky, ako zinok, meď, selén, železo, sú aktívnou súčasťou celej škály antioxidantných enzýmov, čiže prítomnosť týchto prvkov má protektívny efekt na prípadnú bunkovú smrť vyvolanú vysokými hladinami voľných radikálov (Agarwal et al., 2006).

Koncentrácia ťažkých kovov v inseminačných dávkach, resp. v ejakulátoch, je veľmi rôznorodá a je ovplyvňovaná fyziologickým stavom organizmu, veku jedincov, miesta bydliska a ďalších rôznych faktorov. Aj keď analýza vzoriek v kontrolnej a pokusnej skupine v našej štúdií nepreukázala dostatočne negatívny vplyv niektorých prvkov na plodnosť mužov, zistilo sa štatisticky preukazné zvýšenie koncentrácie horčíka.

Graf 1



V grafe 1 sú znázornené hladiny zinku v ejakuláte kontrolnej a pokusnej skupiny mužov. Zdraví jedinci v kontrolnej skupine mali nižšiu hladinu zinku v ejakulátoch ako jedinci v pokusnej skupine s poruchou plodnosti, ktorých hladina zinku bola zvýšená. Zvýšené hladiny zinku v pokusnej skupine mohli nastať rôznymi príčinami. Jednou z týchto príčin mohol byť príjem potravín s vyšším obsahom zinku, ale tiež častá konzumácia jedál a potravín, ktoré obsahovali zinok. Zinok sa nachádza v rastlinných ale tiež aj živočíšnych potravinách ako je mäso, hydina, vajcia a mliečne výrobky a je možné, že práve jedinci v pokusnej skupine s poruchou plodnosti konzumovali viac týchto produktov ako je vhodné. Zvýšený obsah zinku v ejakulátoch môže spôsobovať rôzne poruchy plodnosti, ktoré nepriaznivo ovplyvňujú hustotu a aktivitu spermií, spôsobuje degeneráciu spermií, zmeny tvarov spermií. Zvýšená hladina zinku má tiež veľký vplyv na priebeh spermatogenézy.

Turek (2007) uvádza, že zinok sa zaraďuje do radu stopových prvkov. Je to veľmi dôležitý prvok, zasahujúci do veľmi významných pochodov v ľudskom organizme. Zinok je zastúpený v 70 enzýmoch, je dôležitým prvkom, ktorý sa významnou mierou podieľa na pohlavnom dospievaní u chlapcov, ďalej zvyšuje aktivitu inzulínu a zastupuje množstvo ďalších úloh. Zinok zlepšuje činnosť obličiek, má antikarcinogénne a detoxikačné účinky. Sorensen et al. (1999) uvádza že, vstrebávanie zinku v organizme prebieha v tenkom čreve. Deje sa na základe kompetitívnej reakcie

s kovmi nachádzajúcimi sa v obsahu čreva.

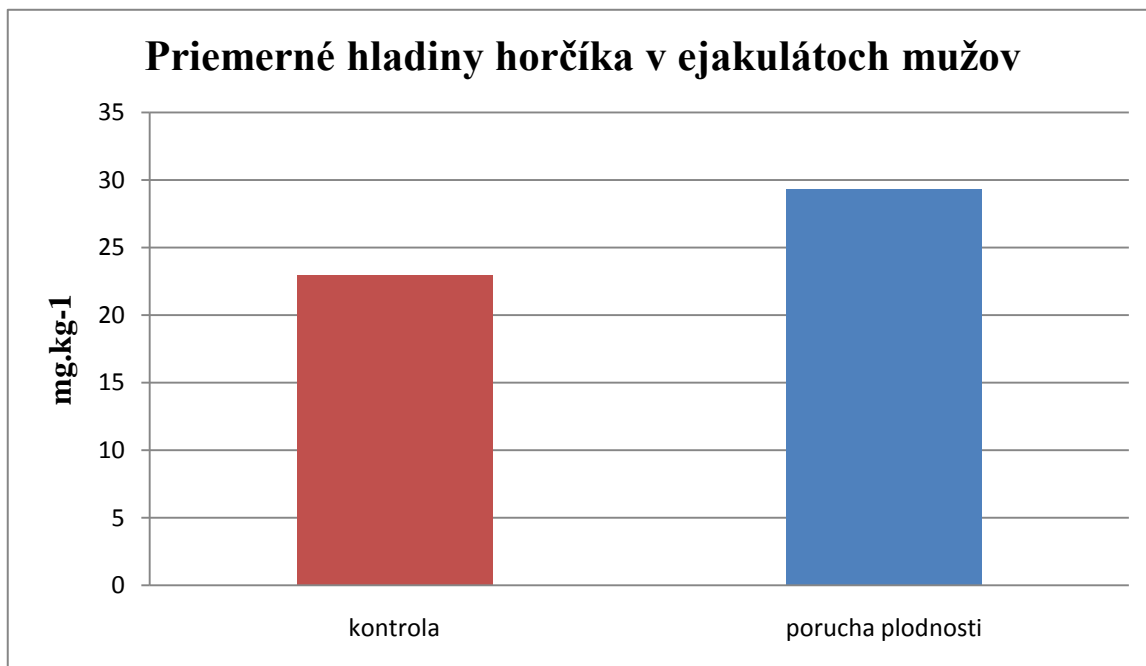
Podľa iných výsledkov prác na porovnanie sa analyzoval zinok v pôde, v rastlinách a v matriciach zvierat a z toho vyplývalo, že hospodárske krmivá nezabezpečujú optimálny prísun zinku a je potrebná jeho suplementácia (Vrzgula, 1990). Horský et al. (1998) zaznamenal korelačný vzťah medzi kadmiumom a zinkom, prejavujúci sa predovšetkým v bunkách semenníkov. Taký istý vzťah sa pozoroval medzi meďou a zinkom. Zinok sa preto úspešne používa ako antidotum pri otrave meďou. Vysoké dávky zinku v kŕmnej dávke spôsobujú nahromadenie železa a pokles medi v pečeni, ako aj pokles vápnika, fosforu a sodíka v organizme. Nie je zistená závislosť medzi hladinami medi alebo zinku a hmotnosťou semenníkov. Je však známe, že zinok môže ovplyvňovať metabolizmus železa, medi a kadmia.

Cigánková et al. (1994) zistili, že zinok je nepostradateľný pre normálny priebeh spermatogenézy. Jeho deficit spôsobuje degeneratívne zmeny na spermatogénnych bunkách po meióze a ich depléciu, ktorá má za následok atrofiu semenotvorných kanálikov. Semenotvorný epitel bol nízky, väčšina spermatocytov a spermatíd sa odlúpala a degenerovala. Došlo k ich deplécií a hromadeniu v lúmene semenotvorných kanálikov, následkom čoho zostali po nich len prázdne miesta. Sertolihove bunky a spermatogónie neboli degeneratívne poškodené. Leydigove bunky neboli poškodené. V práci Mocého et al. (2000) zistili pozitívny vplyv pridávania zinku do krmiva potkanom, pričom doplnok 35 až 100 ppm zinku zvýšil objem ejakulátu, ako aj koncentráciu spermíí v porovnaní s kontrolou bez zinkového doplnku. Ako uvádza Reyes et al. (1993), zinok sa zúčastňuje na stavbe bunkových a organelových membrán a zároveň ich chráni pred vonkajšími vplyvmi, čo je zvlášť dôležité pre spermatogénne bunky v procese spracovania ejakulátu.

Chia et al. (1992) sledovali hladiny olova, kadmia, ortuti, zinku a medi v krvi u mužov a tieto sa porovnávali s parametrami ejakulátov. Cieľom práce bolo vyhodnotiť objem, celkový počet spermíí, pohyblivosť a morfológiu spermíí. Zároveň bola sledovaná koncentrácia olova, kadmia, ortuti, medi a zinku v krvnom sére. Zistili sa nízke parametre základných kvalitatívnych charakteristík ejakulátov, ale príčinu sa im nepodarilo zistiť. Dokázali nezmenené hodnoty uvedených prvkov od normálnych hodnôt okrem koncentrácie kadmia, ktorá bola podstatne vyššia ako norma. Jedinci s aspermiou, resp. oligospermiou mali významné vyššie hladiny kadmia než s normospermiou. Žiadne významné rozdiely neboli zistené pri oboch skupinách

v hladinách ortuti, zinku a medi v krvi.

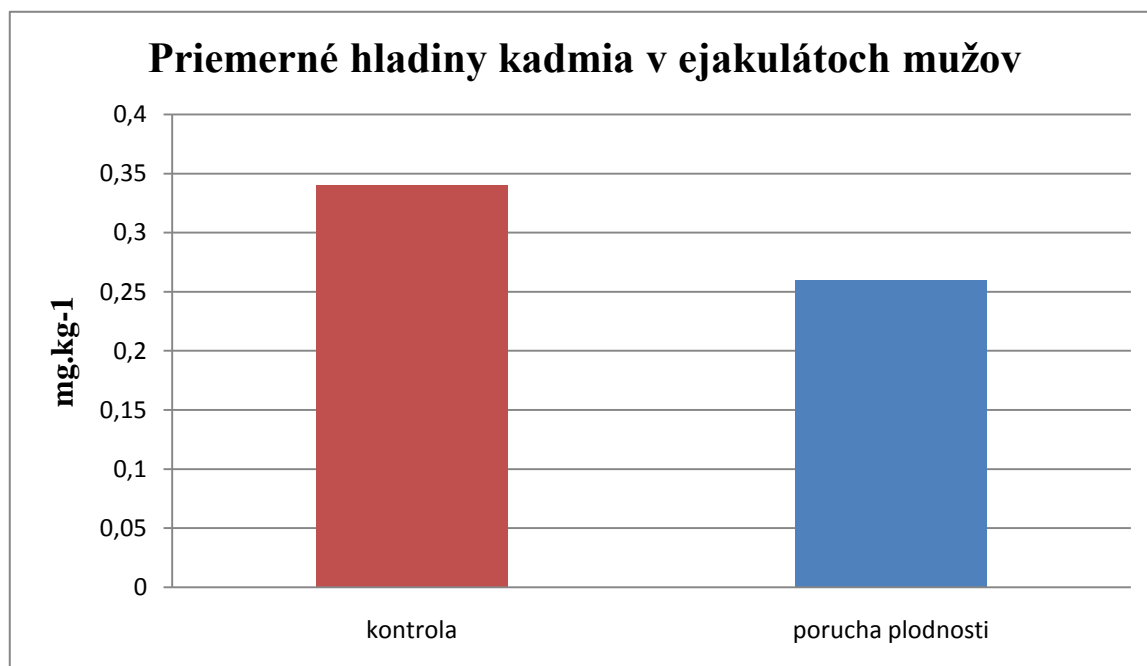
Graf 2



V pokusnej skupine sa nachádzali jedinci s kombináciou porúch oligozoospermia (menej ako 20 mil. spermií v ml ejakulátu alebo menej ako 440 mil. spermií v celom objeme ejakulátu), teratozoospermia (viac ako 50% patologických spermií) a azoospermia (menej ako 50% pohyblivých spermií, menej ako 25% pohybov typu „a“ – progresívny pohyb dopredu). Títo muži pochádzali z rôznych oblastí, ako je Galanta, Martin, Trenčín, Levice a Prešov. V kontrolnej skupine sa nachádzali jedinci s normozoospermiou (20 mil. spermií v ml ejakulátu, alebo 40 mil. spermií v celom objeme ejakulátu). Pochádzali z Partizánskeho, Bratislavy, Žirian. Priemerný obsah horčička v kontrolnej skupine bol 22,97 mg.kg⁻¹ a v pokusnej 29,30 mg.kg⁻¹, čo je o 6,33 mg.kg⁻¹ viac. Hladiny horčička sú dôležité a zvýšené, ale aj znížené hodnoty vplyvajú negatívne na plodnosť. Jedinci s poruchami plodnosti mali zvýšenú hladinu horčička, čo mohli zapríčiniť rôzne faktory. Jeden z dôležitých faktorov je výživa, a kontrola obsahu potravín, ktoré človek konzumuje. Zvýšený príjem horčička môže spôsobovať rôzne poruchy organizmu. Má vplyv na spermatogézu, pohyb spermií a tým ovplyvňuje plodnosť mužov. Horčík má tiež vplyv na nervový systém človeka. Zvýšená koncentrácia tohto prvku zvyšuje vznik patologických spermií a má negatívny vplyv na celkovú tvorbu spermií. Už sú to zvýšené alebo znížené koncentrácie horčička

v ejakulátoch je značné, že to ovplyvňuje celkovo narúša pohlavný systém mužov.

Graf 3



Rozdiely medzi hladinou kadmia v ejakuláte zdravých mužov a mužov s poruchami plodnosti neboli preukazné. Pokusná skupina mala nižšie hodnoty kadmia ako skupina kontrolná. Priemerné hladiny kadmia v kontrolnej skupine boli 0,34 mg.kg⁻¹ a v pokusnej skupine to bolo 0,26 mg.kg⁻¹ (Graf 3). Hladina kadmia v pokusnej vzorke bola mierne znížená. V prípade mierneho zníženia obsahu kadmia v ejakulátoch je lepšie ako keby bol obsah zvýšený. Pri zvýšení koncentrácií kadmia sú veľké riziká a poruchy plodnosti. Zvýšený obsah negatívne vplyva na spermatogézu, spôsobuje nekrózu semenotvorného epitelu a aj v nízkych dávkach poškodzuje plodnosť. Príjem kadmia môže byť z potravín ale tiež aj zo životného prostredia. Zlúčeniny tohto ťažkého kovu sú silne toxické a dostávajú sa do organizmu prostredníctvom vody, pôdy, vzduchu a cez potravinový reťazec.

V niektorých prácach sa popisujú a exaktne dokazujú toxické účinky kadmia na parenchýmové orgány, ako aj na pohlavnú sústavu (semenníky a vaječníky). Je dokázané, že nízke dávky kadmia (okolo 0,1 mg.kg⁻¹ Cd vo forme CdCl₂) podávané intraperitoneálne raz týždenne nevyvolávajú výrazné funkčné poruchy semenníkov (Hew et al., 1993). Xu et al. (1996), uvádza, že jednorazová dávka 1 mg.kg⁻¹ telesnej

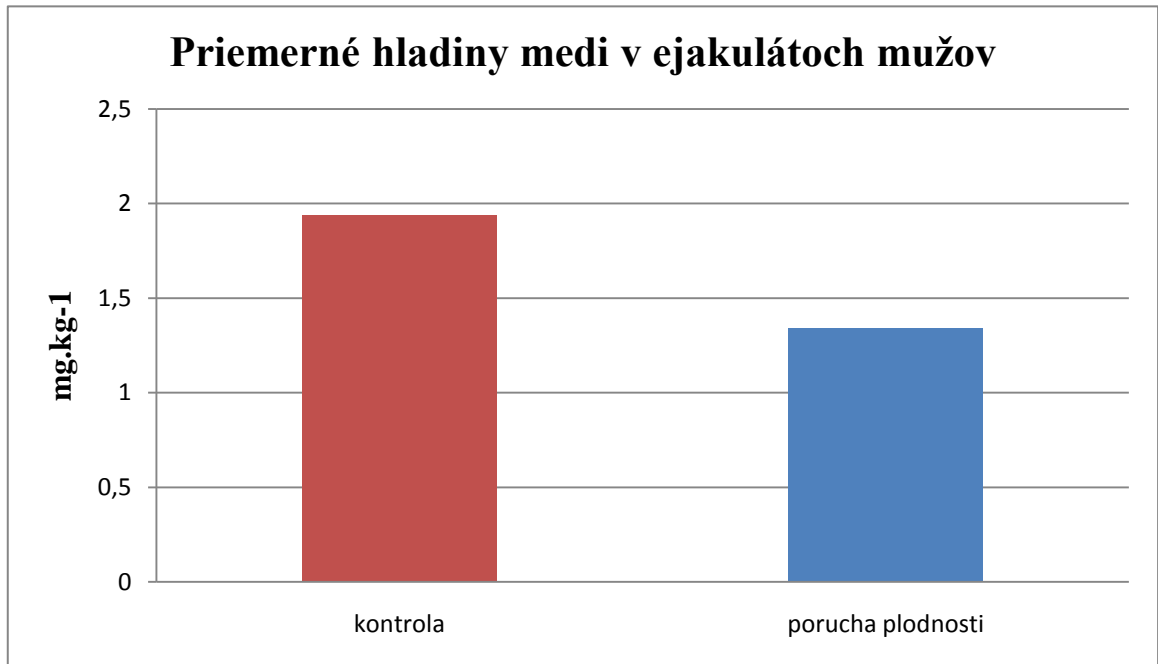
hmotnosti vyvoláva poruchy spermiácie a poškodenie testikulárneho tkaniva. Kadmium spôsobuje zvýšenú peroxidáciu lipidov aj v semenníkoch (Yiin et al., 1999).

Kadmium je známy rizikový faktor vzniku rakoviny prostaty najmä u fajčiarov. Vyšetrením obsahu Se a Cd v prostate sa zistilo, že kadmium sa hromadí v prostate. Zároveň sa u starších mužov znižuje koncentrácia selénu. Pri silných fajčiarov by nadmerný príjem Cd fajčením a nízky prívod Se mohol vysvetliť dôvod, prečo fajčiari podliehajú agresívnejšej a letálnejšej forme rakoviny prostaty, ako nefajčiari (Drasch, Schopfer a Schrauzer, 2005). Ako uvádza Scialli a Zinaman (1993), kadmium spôsobená nekróza semenníkov sa popisuje u mužov a ďalších primátov. Tu kadmium spôsobuje vaskulárne poškodenie a edematizáciu interstícia, čo vedie k hemorágiám, zníženej produkcii androgénov Leydigovými bunkami, nekróze Sertolihových buniek, inhibícii spermatogenézy a prípadne až k atrofii semenníkov. Po jednorazovom podaní kadmia potkanom a myšiam dochádza v semenníku k poklesu DNA, RNA a aktivity mnohých enzýmov obsahujúcich zinok. Obsah bielkovín sa zvyšuje aj napriek tomu, že syntéza bielkovín je redukovaná. Podanie kadmia má za následok poruchu spermiácie od štádia IX po neskoršie štádia spermatogenézy v semenotvornom epiteli.

U väčšiny mužov je obtiažne presne určiť príčiny neplodnosti. (Irvine, 1998). Na neplodnosti mužov sa podieľa oligospermia 35 %, teratospermia spolu s astenospermia 30 % a obštruktívna azoospermia 10 % (Liu a Baker, 1992). Xu et al. (1993) zistili 5 – násobne vyššie hladiny kadmia v krvi fajčiarov ako nefajčiarov. Viacnásobná regresná analýza signifikantne dokázala, že zvyšujúcou hladinou kadmia v krvi dochádza k zmenšeniu semenníkov a zvýšeniu estradiolu, FSH a testosterónu. U fajčiarov došlo k poklesu LDH v semennej plazme. Oldereid et al. (1994) uvádza, že aj u fajčiarov, ktorí denne vyfajčia menej ako 20 cigariet, dochádza k výraznému zvýšeniu hladín kadmia v ejakuláte.

Toman a Massányi (1997) zistili, že po podaní toxickej dávky kadmia potkanom je možné už po 24 hodinách pozorovať v semenníkoch príznaky nekrózy, ktorá sa pri pozorovaní elektrónovým mikroskopom prejavuje rozpadom kapilárneho riečišťa, veľkými zmenami na bazálnej membráne semenotvorných kanálikov a v degenerácii semenotvorného epitelu. Na spermiách z chvosta prisemenníka sú viditeľné jasné zmeny v štruktúre mitochondrií a ich napučovanie.

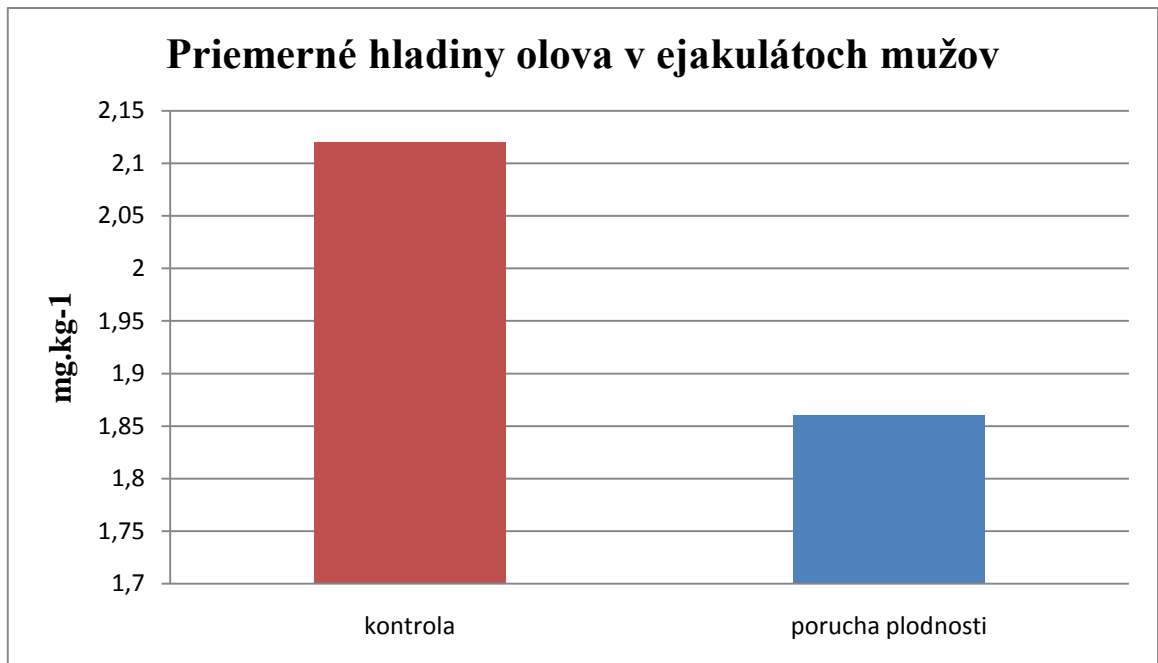
Graf 4



Pri zisťovaní hladín medi v ejakulátoch zo zistených hodnôt nie je možné určiť, či nižšia hladina medi mohla spôsobiť v pokusnej skupine poruchy plodnosti, keďže sa jednalo o nepreukazne nižšiu hladinu oproti kontrole. Graf 4 znázorňuje priemernú hodnotu kontrolnej vzorky, ktorá bola 1,94 mg.kg⁻¹ a priemernú hodnotu pokusnej vzorky 1,34 mg.kg⁻¹, čo je len o 0,60 mg.kg⁻¹ menej, ako pri jedincoch, ktorí nemali zistené poruchy plodnosti. V konečnom dôsledku je znížená hladina medi pozitívnejšia ako keby malo ísť o zvýšené hladiny v pokusných vzorkách ejakulátov. Pretože zvýšené hladiny by mali nepriaznivý vplyv na plodnosť mužov. Medzi faktory, ktoré zvýšenie hladín spôsobujú patrí životné prostredie, oblasti v ktorých jedinci žijú a ich okolie. Niektoré štúdie ukázali, že meď ma negatívne účinky na spermie v podmienkach *in vitro*. Ich rozsah závisí od toho, či ejakulát alebo spermie sú zbavené semennej plazmy. Spermicídny účinok medi v podmienkach *in vitro* na spermie sa preukázal. Spermie vystavené meďnatým kovom viažu len malé množstvá (asi 17%) iónov medi, ktoré sa uvoľnia z medi. Avšak táto meď je viazaná veľmi pevne a len málo sa zo spermií uvoľní po opakovanom premývaní. To poukazuje na fakt, že ióny medi prenikajú do spermií alebo sú pevne naviazané na vonkajšie alebo vnútorné komponenty spermií. Pri posudzovaní toxicity medi na spermie je treba mať na zreteli fakt, že podmienky pri pokusoch *in vitro* sú odlišné od tých, kde sa spermie nachádzajú v samičích pohlavných orgánoch. Bolo zistené, že čím viac medi bolo uvoľnené do prostredia, tým boli spermie

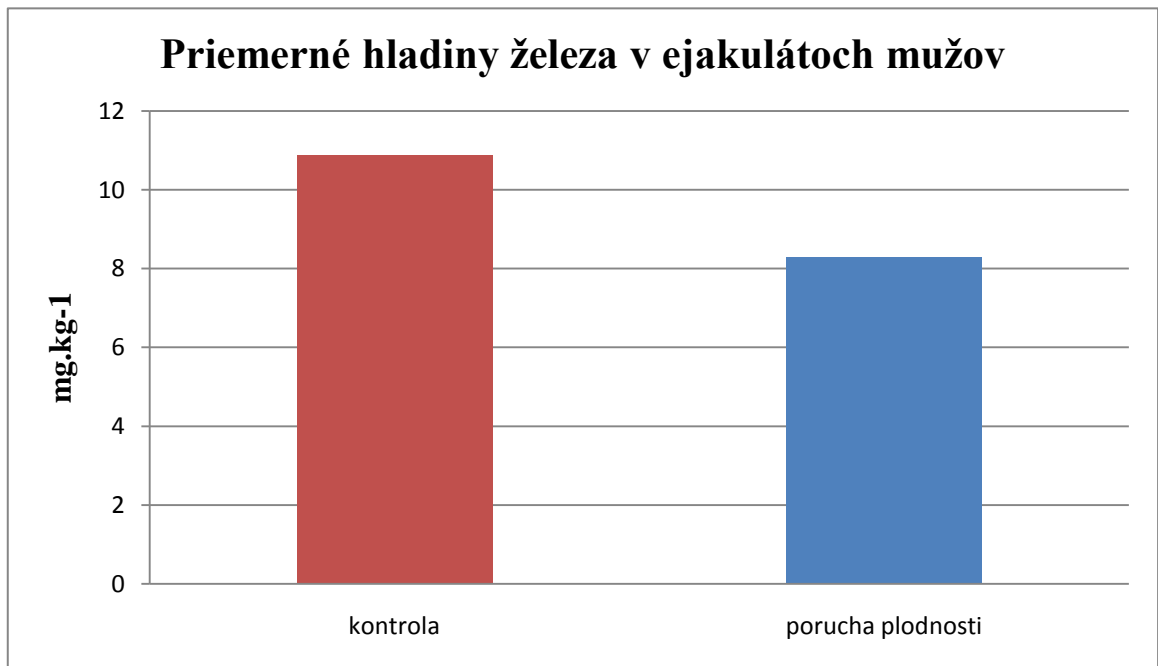
odolnejšie. Z analýz vyplýva, že spermie v ejakuláte nie sú tak citlivé na meď a kadmium ako spermie bez semennej plazmy (Scialli a Zinaman, 1993).

Graf 5



Priemerná hodnota obsahu olova v ejakuláte u pokusnej skupiny bola 1,86 mg.kg⁻¹, čo je len o 0,26 mg.kg⁻¹ menej ako pri kontrolnej skupine, ktorá mala nameranú priemernú hodnotu 2,12 mg.kg⁻¹. Znížená hladina olova ako toxického prvku sú priaznivejšie ako keby mali byť hodnoty zvýšené. Zvýšenie koncentrácie olova v ejakulátoch spôsobuje hlavne tieto faktory: automobilová doprava, emisie z priemyselných podnikov, ktoré spaľujú uhlie, tiež pri spracovaní farebných kovov, a pri hnojení priemyselnými hnojivami. Podľa ďalších prác sa zistilo olovo v 94% ľudských semenníkov. Sterilita, výskyt potratov a iné poruchy plodnosti ľudí môžu byť spojené so škodlivým účinkom olova na gonády u jedincov pracujúcich pri spracovaní tohto kovu (Gunn a Gould, 1970; Cullen et al., 1984). Podľa Braunsteina et al. (1978) mikroskopické sledovanie tkaniva semenníkov robotníkov otrávených olovom odhalilo redukcii spermatogenézy a zväčšenie intersticiálneho tkaniva. Došlo k peritubulárnej fibróze a oligospermii.

Graf 6



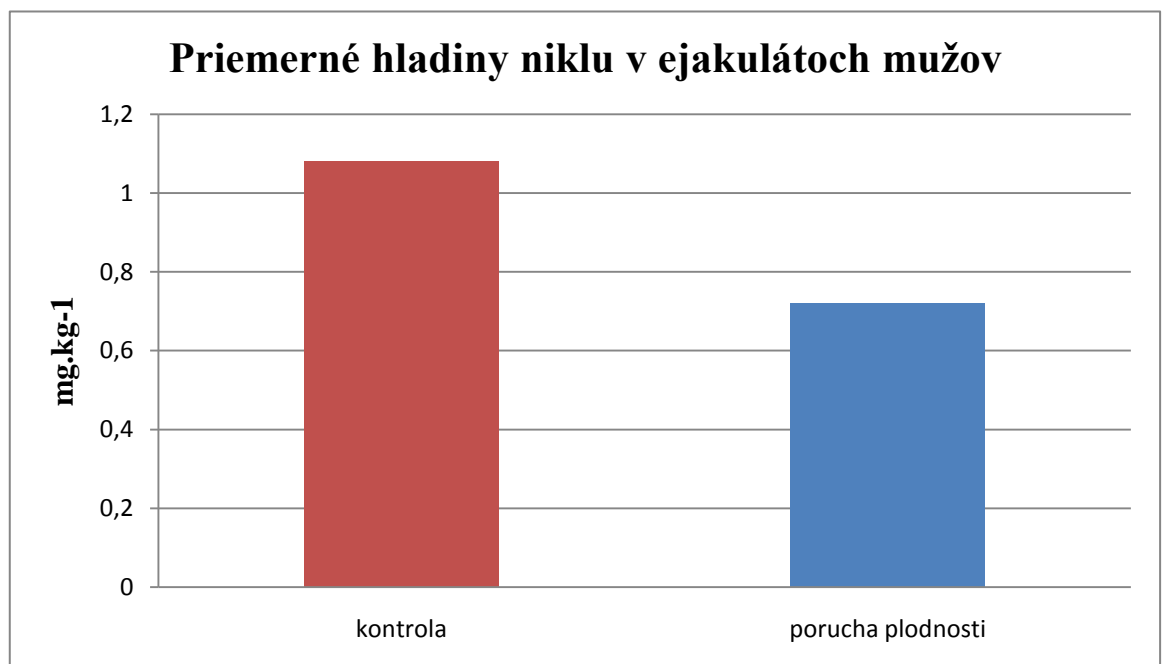
Podľa grafu 6 môžeme vidieť, že priemerná hladina železa v kontrolnej skupine je 10,88 mg.kg⁻¹, čo je o 2,60 mg.kg⁻¹ viac ako pri priemernej hladine železa pokusnej skupiny, ktorý je 8,28 mg.kg⁻¹. To znamená, že jedinci s poruchami plodnosti v pokusnej skupine majú znížený obsah železa oproti jedincom, u ktorých nebola zaznamenaná porucha plodnosti. Rozdiel však nebol štatisticky preukazný. Znížené množstvo železa môže zapríčiniť nevhodná strava, alebo nedostatočný príjem stravy, ktorá železo obsahuje. Aby, človek predišiel nedostatkom mal by prijímať viac zeleniny a hlavne pozorovať obsah železa v produktoch a potravinách, ktoré tento prvok obsahujú. Neúmerné hladiny železa pôsobia deštruktívne na testikulárnu funkčnosť a spermatogézu, takže malé semenníky a znížená produkcia spermií môže byť vyvolaná zvýšenou hladinou železa. Železo dokonca môže aj zvýšiť produkciu spermií, hlavne feritín, ale aj samotné železo, ktoré je uskladnené v Leydigových bunkách a Sertolihových bunkách, ktoré majú nutričný a protektívny účinok v samotnej gametogéze (Merker et al. 1996, Lucesoli et al. 1999).

Huang et al. (2001) sledovali vplyv mangánu, železa a olova na motilitu spermií a peroxidáciu lipidov u mužov. Zistili, že vysoké koncentrácie (500 ppm) mangánu a olova signifikantne inhibujú pohyblivosť spermií bez výraznej odchýlky hladiny malondialdehydu (MDA) v semennej plazme. Inkubácia spermií so železom v nízkych dávkach (5 ppm) spôsobuje taktiež inhibíciu pohyblivosti spermií, ale s výraznými

zmenami hladín MDA. Tieto výsledky poukazujú na výraznejšiu indukciu peroxidácie lipidov prostredníctvom iónov železa, čo v konečnom dôsledku vyvolá zníženú motilitu spermií. Wise et al. (2003) dokázali výrazné rozdielnosti v hladinách feritínu a obsahu železa v semenníkoch rôznych veľkostí. Zistili, že testikulárna koncentrácia teritínu sa zvyšovala úmerne z hladinami FSH a železa. Zaujímavé sú následky zvyšovania testikulárnej koncentrácie železa, ktorá spôsobuje pokles produkcie spermií na gram semenníka, resp. celkovú dennú produkciu spermií. Teoboch et al. (1987) zistili rozdielnosť v zásobných formách železa v testikulárnych bunkách. V Leydigových bunkách je železo vo forme feritínu, čo udržiava homeostázu železa a tvorí primárny zdroj železa pre Sertoliho bunky a vyvíjajúce sa spermie.

Kar et al. (1965) skúmali účinky soli železa na semenníky opíc (*Macaca mulatta*). Po 7 dňoch od aplikácie sulfátu alebo chloridu železa klesla hmotnosť semenníkov. Priemer kanálikov bol značne redukovaný a *tunica propria* bola rozpadnutá pri aplikácii sulfátu. Semenotvorný epitel sa zredukoval na eozinofilný materiál. Zistila sa totálna degenerácia Leydigových buniek, krvné cievy v interstíciu sa rozpadli a fibrín bol deponovaný do interstícia. V okrajových častiach semenníka sa pozorovali ohniskové zápalové zmeny a *tunica albuginea* zhrubla.

Graf 7



Priemerný obsah niklu v ejakuláte skupiny mužov s poruchami plodnosti bol $0,72 \text{ mg.kg}^{-1}$, čo je o $0,36 \text{ mg.kg}^{-1}$ menej, ako pri kontrolnej skupine, ktorá mala priemer $1,08 \text{ mg.kg}^{-1}$, jedinci v pokuse mali znížený obsah niklu vo vzorkách ejakulátov (Graf 7). Znížené hladiny niklu v pokusnej skupine nie sú moc výrazné a z toho vyplýva, že nižšie množstvo niklu vo vybraných vzorkách ejakulátov neovplyvňovali plodnosť mužov. Nikel je veľmi karcinogénny prvok a ovplyvňuje plodnosť hlavne v nadmernom príjme. Vyvoláva morfológické zmeny a jeho príjem môže nastať prostredníctvom životného prostredia a bezprostredne aj potravinovým reťazcom. Napriek tomu, že toxicita niklu a jeho zlúčenín je známa len odnedávna, záujem o štúdium tohto prvku neustále stúpa. Stále širšie použitie niklu v rôznych oblastiach priemyslu a zvlášť v zdravotníctve predurčuje hlbšie štúdium vplyvu tohto prvku na biologické systémy. U laboratórnych zvierat nikel vyvoláva morfológické zmeny (degenerácia zárodočného epitelu semenníkov), testikulárne sarkómy a funkčné poruchy (inhibícia spermatogenézy) alebo totálnu sterilitu, pokles syntézy testosterónu (Lee et al., 1983).

K určitým výsledkom sa dopracovali aj Lukáč et al. (2007) a Massányi et al. (2007), ktorí hodnotili vplyv kobaltu na semenník chrčka a olova na semenník potkana. Dospeli k výsledkom, že nikel, olovo a kobalt výrazne ovplyvňuje relatívne objemy základných štruktúr semenníka laboratórnych zvierat. Výsledky prác Danadeviho et al. (2003) zistili pozitívnu koreláciu medzi percentuálnym výskytom defektov bičička spermií a koncentráciou niklu v krvi zväračov.

6 NÁVRH NA VYUŽITIE POZNATKOV

- Zhrnutie poznatkov môže slúžiť ako podklad pri vypracovaní rôznych projektov na analýzu pôsobenia rizikových a toxických prvkov, ako napríklad selénu, zinku, kadmia, olova, niklu a iných na plodnosť človeka, prípadne iné funkcie organizmu

V praxi je dôležité, aby sa sledovali zastúpenia toxických prvkov u človeka, ale tiež u voľne žijúcich zvierat, a v neposlednom rade aj v životnom prostredí, ktoré je zdrojom týchto toxických kovov. Kadmium, meď, olovo a nikel sa dostávajú v súčasnosti do popredia a najčastejšie sa vyskytujú v životnom prostredí z ktorého sa dostávajú do potravinového reťazca. Ťažké kovy sú priemyselne používané a to je následkom ich dostávania sa do rôznych odpadov a do ovzdušia. Ťažké kovy sa dlhodobo kumulujú v organizme a je možné ich analyzovať aj po rokoch a stanoviť ich koncentrácie v ejakulátoch. Vďaka týmto koncentráciám sledovaných prvkov v určitých počtoch jedincov, je možné štatisticky vyhodnotiť obsah a hladinu týchto prvkov v ejakulátoch mužov. Analýzy a sledovania ťažkých a rizikových prvkov sa dajú sledovať aj na zvieratách a tým sa zisťujú negatívne vplyvy na organizmus.

Železo, horčík a zinok patria tiež medzi prvky, ktoré môžu vo väčších dávkach negatívne ovplyvňovať plodnosť mužov, ale vo väčšine prípadov je to tak, že práve tieto prvky sa v organizme nenachádzajú v dostatočných množstvách a to spôsobuje rôzne poruchy organizmu. Je potrebné sledovať hladiny týchto prvkov v potravinách a dostatočne prijímať tieto prvky, na správny chod organizmu. Výživa je z hľadiska príjmu rizikových a toxických prvkov dôležitá. Výsledky prác sa môžu využiť v ďalších výskumoch a môžu pozitívne prispieť v ďalších analýzach a prácach, ktorých sa problematika týka. Tieto výsledky môžu pomôcť pri zisťovaní účinkov zvýšených, ale aj znížených hladín týchto prvkov.

7 ZÁVER

Zo zistených poznatkov o rizikových a toxických prvkoch je zrejmé ich pôsobenie na ľudský organizmus a na reprodukciu človeka. Na základe týchto informácií sa uskutočňujú rôzne pokusy na zvieratách pre zistenie ešte zatiaľ nezistených účinkov najmä selénu, zinku, kadmia, ortuti a niklu na plodnosť človeka. V tele ľudí je potrebné určité množstvo prvkov, aby všetky procesy fungovali bez akýchkoľvek problémov. Tiež je potrebné brať do úvahy aj kladné pôsobenie vitamínov, minerálnych látok, tukov, cukrov a bielkovín. Všetky tieto látky sú dôležité na správny vývin človeka a na funkciu organizmu. Veľmi podstatné látky sú aj zinok a selén, bez ktorých by naše telo nemohlo existovať a majú významný vplyv aj na reprodukciu. Je nevyhnutné dbať na každodenný príjem týchto živín a prvkov potrebných pre život.

Z tohto dôvodu je dôležité neustále sledovanie množstva vitamínov, minerálnych látok, tukov, cukrov, bielkovín, selénu, zinku, kadmia, olova, ortuti, niklu a iných látok, ktoré prijíma človek každý deň potravou a ktoré sa do organizmu dostávajú aj inými spôsobmi.

V práci sme sa zamerali na vyhodnotenie koncentrácie Zn, Mg, Cd, Cu, Pb, Fe a Ni v ejakulátoch zdravých mužov a mužov s diagnostikovanými poruchami plodnosti z rôznych oblastí Slovenskej republiky. Cieľom práce bolo:

- Zistiť výskyt toxických a rizikových prvkov v ejakulátoch zdravých mužov z rôznych oblastí Slovenska
 - Zistiť výskyt toxických a rizikových prvkov v ejakulátoch mužov s diagnostikovanými poruchami plodnosti z rôznych oblastí Slovenska
 - Porovnať rozdiely v koncentracii sledovaných kovov medzi zdravými mužmi a mužmi s poruchou plodnosti
-
- Hladiny zinku boli zvýšené u jedincov s poruchami plodnosti ako pri darcoch, ktorí boli zdraví,
 - Priemerné hladiny horčíka boli výrazne zvýšené u jedincov s poruchami plodnosti a hladina pravdepodobnosti bola preukázateľná, nárast horčíka u jedincov s poruchou plodnosti mali negatívny vplyv na spermatogézu a iné

funkcie spermií,

- Kadmium bol v pokusnej skupine znížený ako v kontrolnej skupine,
- Obsah medi bol, tiež znížený oproti obsahu medi v ejakulátoch zdravých mužov,
- Priemerné hladiny olova u jedincov s poruchou plodnosti boli nižšie ako pri jedincoch, ktorí nemali poruchy plodnosti,
- Železo bolo tiež značne znížené v pokusnej skupine ako v kontrolnej skupine,
- Koncentrácia niklu v ejakulátoch v pokusnej skupine bola len mierne znížená ako v kontrolnej skupine,

8 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

1. AGARWAL, A. – GUPTA, S. – SIKKA, S. 2006. The role of free radicals and antioxidants in reproduction. In: *Current Option in Obstetrics and Gynecology*, roč. 18, 2006, s. 325 – 332.
2. AOKI, A. - HOFFER, A, P. 1978. Reexamination of the lessons in rat testis caused by cadmium. In: *Biol. Reprod.*, roč. 18, 1978, s. 579-591.
3. BAKER, H. W. G. 1998. The importance of redox regulated pathways in sperm cell biology. In: *Endocrinol Metabolism Clin. NA.*, roč. 27, 1998, s. 831-850
4. BEŇO, I. 2001. *Nauka o výžive*. 1. vyd. Bratislava, 2001, 157 s. ISBN 80-8063-089-5
5. BERNE, R. M. - LEVY, M. N. 1990. *Principles of Human Physiology*. St. Louis, C. V. Mosby, CO., s. 1071. ISBN 3540672249.
6. BIGELOW, P. L. - JARRELL, J. - YONG, M. R. et al. 1998. *Biol. Reprod.*, In: *Fertil. Steril.*, roč. 69, 1998, s. 11-18.
7. BONDE, J. P. - KOLSTAD, H. 1997. *Reprod. Systems men.*, *Int. J. Epidemiol.*, roč. 56, č. 26, 1997, s. 1281-1288.
8. BRAUNSTEIN, G. D. – DAHLGREN, J. – LORIAUX, D. L. 1978. Hypogonadism in chronically lead poisoned men. In: *Infertility*, roč. 1, 1978, s. 33 – 51.
9. BUKOVSKÝ, I. 2006. *Návod na prežitie muža*, roč. 1, Martin, s. 110, ISBN 80-969571-0-4
10. Bulbourethral gland. In: *Wikipedia The Free Encyclopedia* [online]. 2008 [cit. 2008-03-19]. < http://en.wikipedia.org/wiki/Bulbourethral_gland >
11. CIGÁNKOVÁ, V. – MESÁROŠ, P. – BÍREŠ, J. – TOMAJKOVÁ, E. – ČERNOTA, S. 1994. Morfológická štruktúra semenníkov býkov pri deficiencii zinku a vplyv aplikácie prípravku Zindep inj. Na obnovu spermatogenézy. In: *Slov. vet. čas.*, 1994, roč. 19, s. 134 – 138.
12. CIGÁNKOVÁ, V. – MESÁROŠ, P. – BÍREŠ, J. – LEDECKÝ, V. – CIGÁNEK, J. – TOMAJKOVÁ, E. 1998. Morfológické zmeny semenníkov žrebčov pri deficite zinku. In: *Slov. vet. čas.*, 1998, roč. 23, s. 97 – 100.
13. CULLEN, M. R. – KAYNE, R. D. – ROBINS, J. M. 1984. Endocrine and reproductive dysfunction in men associate with occupational inorganic lead intoxication. In: *Arch. Environ. Health*, 1984, roč. 39, s. 431 – 440.

-
14. ČERVENÝ, K. - ČERVENÁ, D. 1990. Vegetariánska kuchárka. 1. vyd. Bratislava, 1990, s. 243. ISBN 80-7094-102-2
 15. ČERVENÝ, Č. - KÖNIG, H. E. - LIEBICH, H. -G. 2002. In: Červený, Č, König, H. E.: *Anatómia domácich cicavcov*, 2 diel, Hajko & Hajková, knižné vydavateľstvo, Bratislava, 2002, s. 121-138. ISBN 80-88700-57-4.
 16. CHIA, S. E. – ONG, C. N. – LEE, S. T. – TSAKOK, F. H. 1992. Blood concentrations of lead, cadmium, mercury, zinc, and copper and human semen parameters. Arch. In: Androl., 1992, roč. 29, s. 177 – 183.
 17. DANADEVI, K. – ROZATI, R. – REDDY, P. P. – GROVER, P. 2003. Semen quality of Indian welders occupationally exposed to nickel and chromium. In: Reprod. Toxicol. 2003, roč. 17, s. 451 – 456.
 18. DRASCH, G. - SCHOPFER, J. - SCHRAUZER, G. N. 2005. Selenium/cadmium ratios in human prostates: indicators of prostate cancer risk of smokers and non smokers, and relevance to the cancer protective effects of selenium. In: *Biol. Trace Elem. Res.*, roč. 103, 2005, č. 2, s. 103-107.
 19. ENGELS, S. - NOWAK, A. 1977. Chemické prvky, histórie a súčasnosti. SNTL: Praha, 1977 s. 367
 20. FARRELL, P. - TROYERN – TREND, V. - FOOTE, H. R. - HAMILTON, D. D. 1995. Rereatability of measurements on human, rabbit, and bul sperm by computer-assisted sperm analysis when comparing individual fields and means of 12 fields. In: *Fertil. Steril.*, roč. 64, 1995, s. 208-210.
 21. FENEIS, H. 1996. Anatomický obrazový slovník. 2. vyd. Praha : Grada Publishing, 1996, 464 s. ISBN 80-7169-197-6
 22. GUNN, S. A. – GOULD, T. C. 1970. Cadmium and other mineral elements. In: JOHNSON, A. D. – GOMES, W. R. – VANDEMARK, N. L. (ed.): *The testis*, New York. - London : Academic Press., roč. 3, 1970, s. 377 – 481.
 23. HEW, K. W. – HEATH, G. L. – JIWA, A. – WELSH, M. J. 1993. Cadmium in vivo causes disruption of tight junction-associated microfilaments in rat Sertoli cell. In: *Biol. Reprod.* 1993, roč. 49, s. 840 – 849.
 24. HOLSTEIN, A. F. 1985. Die männliche Geschlechtsorgane. In: *Benninghoff Anatomic, Urban and Schwarzenberg*, 1985.
 25. Instant anatomy. In: *Prostate* [online]. 2008 [cit. 2008-03-14]. < <http://www.instantanatomy.net/abdomen/vessels/vprostaticplexus.html> >
 26. IRVINE, D. S. 1998. Hum. Reprod., roč. 13, s. 33-44.
-

-
27. JAVORKA, K. 2001. Lekárska fyziológia. Vydavateľstvo OSVETA, Martin 2001, s. 678. ISBN 80-8063-023-2
28. JEGOROVOVA, G. M. – IVANOV, N. G. – SANOCKIJ, J. V. 1966. Toksikol. kov. prom. chim. In: Veščestv, 1966, roč. 8, s. 33,
29. JIRKOVSKÝ, R. - TRŽIL, J. - MAŽARIOVÁ, G. 1981. Abeceda chemických prvkov. Bratislava ALFA, s. 237. ISBN 63-058-81
30. JOHNSON, C. R. - CLARKE, N. G. - LIU, Y. D. - BEWER GORDON, H.W. 1995. Assessment of the sperm Quality Analyzer. In: *Fertil. Steril.*, roč. 63, s. 1071- 1076.
31. JOHNSON, E. J.- BOONE, R. W. - BLACKHURST, D. W. 1996. Manual versus computer – automated semen analyses. Part I. Comparison of counting chambers. In: *Fertil. Steril.*, roč. 65, s. 150 – 155.
32. KAPELLER, K. - POSPÍŠILOVÁ, V. 1990. Embriológia človeka. vyd. 3279/1990 C VIII/1, Bratislava 1990, s. 341. ISBN 80-217-0332-6
33. KAR, A. B. – KAMBOJ, V. P. – GOSWAMI, A. 1965. Sterilization of male Rhesus monkeys by iron salts. In: *J. Reprod. Fert.*, 1965, roč. 6, s. 115 – 117.
34. KÄKELÄ, R. - KÄKELÄ, A. - HYVÄRINEN, H. et al. 1999. Effects of nickel chloride on reproduction of the rat and possible autagonistic role of selenium. In: *Comp. Biochem. Physiol. C Pharmacol. Toxicol. Endocrinol.*, roč. 123, 1999, č. 1, s. 27-37.
35. KUZMA, I. 2006. Vitamíny a minerálne látky. In: *Ako sa správne stravovať*. 7. vyd., 2006, s. 10.
36. LEE, I. P. 1983. Effects of environmental metals on male reproductionn. In: Clarkson, T. W. – Nordberg, G. F. – Sager, P. R. *Reproductive and Developmental Toxicity of Metals*. New York and London: Plenum Press, 1983, s. 253 – 278.
37. LUCESOLI, F. – CALIGIURI, M. – ROBERTI, M. F. – PERAZZO, J. C. – FRAGA, C. C. 1999. Dose dependent increase of oxidative damage in the testes of rats subjected in acute iron overload. In: *Arch. Biochem. Biophys.*, 1999, roč. 372, s. 37 – 43.
38. LUKÁČ, N. – MASSÁNYI, P. – ZAKREWSKI, M. – TOMAN, R. – CIGÁNKOVÁ, V. – STAWARZ, R. 2007. Cobalt induced alterations in rat kidney and testes in vivo. In: *J of Environ Sci HHealth – part A*, 2007, roč. 42, s. 3.
-

-
39. LIU, D. Y. - BAKER, H. W. 1992. In: *Fertil. Steril.*, roč. 58, s. 465 – 483.
40. MASSÁNYI, L. - TRANDŽÍK, J. 1991. Analyzovanie pohyblivosti byčích spermii v čerstvých ejakulátoch komputrovou technikou. In: *Veter. Med.*, roč. 36, 1991, s. 79 -92.
41. MASSÁNYI, P. - MASSÁNYIOVÁ, K. - PIZZI, F. - TRANDŽÍK, J. 1995. Časovo závislá pohyblivosť byčích spermii hodnotená komputrovým analyzátorom ejakulátov. In: *Slov. vet. čas.*, 6 vyd., s. 292- 294.
42. MOCÉ, E. – AROUCA, M. – LAVARA, R. – PASCUAL, J. J. 2000. Effect of dietary zinc and vitamin supplementation on semen characteristics of high growth rate males during Summer season. In: World Rabbit Congress, 7, 2000, Valencia. Proceedings. CD-ROM.
43. OLDEREID, N. B. – THOMASSEN, Y. – PURVIS, K. 1994. Seminal plasma lead, cadmium and zinc in relation to tobacco consumption. In: *J. Andrology*, 1994, roč. 17, s. 24 – 28.
44. OZMEN, H. - ERULAS, F. A. - KARATAS, F. et al. 2006. Comparison of the concentration of trace metals (Ni, Zn, CO, Cu and Se), Fe, vitamins A, C and E, and lipid peroxidation in patients with prostate cancer. In: *Clin. Chem. Lab. Med.*, roč. 44, 2006, č. 2, s. 175-179.
45. REYES, J. G. – ARRATE, M. P. – SANTANDER, M. –GUZMAN, L. – BENOS, D. J. 1993. Zn (II) transport and distribution in rat spermatids. In: *Am. J. Physiol.*, 1993, 265 (Cell Physiol. 34), s. 893 – 900.
46. SABOLOVÁ, G. 2007. Selén v potravinovom reťazci – vo vzťahu k verejnému zdraviu. In: *Slovenský veterinársky časopis*, roč. 32, č. 5, 2007, s. 291.
47. SCIALLI, R. A. – ZINAMAN, J. M. 1993. Reproductive toxicology and infertility. In: McGraw-Hill Inc., New York, 1993, s. 338.
48. SORENSEN, K. B. – STOLTENBERG, M. – DANSCHER, G. ERNST, E. 1999. Chelation of intracellular zinc ions affects human sperm cell motility. In: *Molecular Human Reproduction*, 1999, roč. 5, s. 338 – 341.
49. ŠALGOVIČOVÁ, D. 2007. Kontrola cudzorodých látok v potravinách v reporte pôdohospodárstva v roku 2006. In: *TRENDY v potravinárstve*, roč.14, č. 3, 2007, s. 20.
50. SCHEINDER, E. 2005. Manželská neplodnosť. In: *Encyklopédia prírodnej liečby*. s. 508. ISBN 80 – 8071- 065 – 1
51. SILBERNAGL, S. - DESPOPULOS, A. 1993. Atlas fyziológie človeka. Praha
-

Grada Avicenum, 1993, s. 352.

52. ŠINKOVÁ, T. 2007. Selén v potravinovom reťazci – vo vzťahu k verejnému zdraviu. In: *Slovenský veterinársky časopis*, roč. 32, č. 5, 2007, s. 291.
53. Seminal veside. In: *Wikipedia The Free Encyclopedia* [online]. 2008 [cit. 2008-03-19]. < http://en.wikipedia.org/wiki/Seminal_veside >
54. TAS, S. - LAUWERYS, R. - LISON, D. 1996. In: *Crit. Rev. Toxicol.*, roč. 26, 1996, s. 261 – 307.
55. TOEBOSCH, A. M. – KROOS, M. J. – GROOTEGOED, J. A. 1987. Transport of transferring-bound iron into rat Sertoli cells and spermatids. *Int. J. Androl.*, 1987, roč. 10, s. 753 – 764.
56. TOMAN, R. – MASSÁNYI, P. 1997. Štrukturálne zmeny semenníka a prisemenníka kráľika po podaní kadmia. Nitra : SPU, 1997, s. 83, ISBN 80-7137-420-2.
57. TOMAN, R. et al. 2003. *Toxikológia potravín*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska Univerzita. 2003, s. 14 – 34. ISBN 80 – 8069- 166 -5
58. TOPPARI, J. - LARSEN, J. C. - CHRISTIANSEN, P. et al. 1998. In: *Environ. Health. Perspect.*, roč.104, s. 741 – 803.
59. TUREK, B. 2007. Minerální látky ve výživě. In: *Výživa a potraviny*, roč. 62, č. 6, 2007, s. 160 – 161.
60. VANDER, A. J. - SHERMAN, J. H. - LUCIANO, D. S. 1990. *Human Physiology*, 5. vyd., New York, Mc Graw – Hill, 1990, s. 724.
61. VANTMAN, D. 1993. Male reproduction: An overview. In: Scialli, A.R., Zinaman, M.J.: *Reproductive toxicology and infertility*. New York : McGraw-Hill, Inc., 1993, s. 3-16. ISBN 0-07-105438-3.
62. VRZGULA, L. 1990. *Metabolic Disorders of Farm Animals and Their Prevention (In Slovak)*. Bratislava : Príroda, Second ed., 1990, s. 179 – 183.
63. WISE, T. H. – LUNSTRA, D. D. – ROHRER, G. A. – FORD, J. J. 2003. Relationships of testicular iron and ferritin concentrations with testicular weight and sperm production in boars. In: *J. Amin. Sci.*, 2003, roč. 81, s. 503 – 511.
64. XU, B. – CHIA, S. E. – TSAKOK, M. – ONG, C. M. 1993. Trece elements in blood and seminal plasma and their relationship to sperm quality. In: *Reprod. Toxicol.* 1993, č. 7, s. 613 – 618.
65. XU, C. – JOHNSON, J. E. – SINGH, P. K. – JONES, M. M. – YAN, H. – CARTER, C. E. 1996. In vivo studies of cadmium-induced apoptosis in

-
- testicular tissue of the rat and its modulation by a chelating agent. In: *Toxicology*, 1996, roč. 107, s. 1 – 8.
66. YIIN, S. J. - CHERN, C. L. - SHEU, J. Y. et al. 1999. Cadmium induced lipid peroxidation in rat testes and protection by selenium. In: *Biometals*, roč. 12, č. 4, 1999, s. 353 – 359.