

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: Zootechnika

Studijní obor: Zootechnika

Katedra: katedra veterinárních disciplin a kvality produktů

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Postnatální změny koncentrace hormonů štítné žlázy jehňat

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.

Autor: Bc. Barbora Burleová

České Budějovice 2013

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Barbora BURLEOVÁ**  
Osobní číslo: **Z11707**  
Studijní program: **N4103 Zootechnika**  
Studijní obor: **Zootechnika**  
Název tématu: **Postnatální změny koncentrace hormonů štítné žlázy jehňat**  
Zadávací katedra: **Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

**Cíl práce:** Cílem práce je zhodnotit aktivitu štítné žlázy jehňat v období do 60 dnů věku.

**Literární přehled:** Z dostupných literárních údajů zpracujte přehled o významu hormonů štítné žlázy. Popište funkční parametry štítné žlázy a faktory ovlivňující jejich změny. **Metodika:** Z výsledků obsahu hormonů trijodtyroninu (T3) a tyroxinu (T4) v krevní plazmě jehňat zpracujte přehled o jejich dynamice do 60 dní věku jehňat. Zpracujte vzájemné vztahy mezi obsahem T3 a T4, respektive mezi hormony štítné žlázy a saturací jehňat jodem.

**Výsledky:** Tabulkové a grafické zpracování zjištěných údajů. Statistické zhodnocení výsledků.

**Diskuze:** Shrnutí zjištěných údajů. Porovnání vlastních výsledků s literárními údaji. Zhodnocení vztahů mezi příjmem jodu respektive jeho obsahem v organizmu a koncentrací hormonů štítné žlázy v krevní plazmě.

**Závěr:** Přehledné shrnutí nejdůležitějších poznatků a doporučení vyplývajících z řešené problematiky

**Seznam použité literatury:** V abecedním řazení podle ČSN 01 01 97 Bibliografická citace.

**Obsah:** Uvedení stran jednotlivých kapitol práce.

Rozsah grafických prací: 10 stran (tabulky, grafy)

Rozsah pracovní zprávy: 40 stran textu

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- Cunningham, J.G., Klein, B.G.: Veterinary Physiology. Saunders Elsevier, 2007. 700 s.
- Hofírek, B. et al.: Nemoci skotu. Česká buiatrická společnost. Nakladatelství Noviko a.s.. 2009. 1149 s.
- Jelínek, P., Koudela, K. et al.: Fyziologie hospodářských zvířat. MZLU Brno. 2003. 401 s.
- Kraft, W., Dürr, U.M.: Klinická laboratorna diagnostika vo veterinárnej medicíne. Hájko&Hájková, 2001. 365 s.
- Thér, R.: Eliminace jodového deficitu u hospodářských zvířat. Disertační práce. ZF, JU v Českých Budějovicích. 2001.149 s.
- Trávníček, J., Kroupová, V., Kursá, J., Illek, J., Thér, R.: Effects of rapeseed meal and nitrates on thyroid functions in sheep. Czech J. Anim. Sci. 2001, 46(1):1-10.
- Kursá, J., Trávníček, J., Rambeck, W. A., Kroupová, V., Vítovec, J.: Goitrogenic effects of extracted rapeseed meal and nitrates in sheep and their progeny. Vet. Med.-Czech, 45, 2000(5): 129-140.
- Elektronické informační zdroje Akademické knihovny JU v Č. Budějovicích (internetové databáze): ISI Web of Knowledge (Web of Science), Agroweb, Agris, Scopus, Česká zemědělská a bibliografická databáze atd.

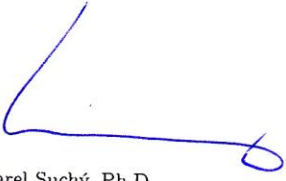
Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.


Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů


Datum zadání diplomové práce: 28. března 2012

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2013

  
Ing. Karel Suchý, Ph.D.

proděkan pověřený vedením ZF

  
JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

  
prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 28. března 2012

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum 18. 4. 2013

Podpis studenta

**Poděkování:**

Ráda bych poděkovala prof. Ing. Janu Trávníčkovi, CSc. za jeho odborné vedení, cenné rady, toleranci a trpělivost při zpracovávání této diplomové práce. Mé poděkování patří také rodině a přátelům za podporu během celého studia.

## AUTORSKÝ REFERÁT

Cílem této práce bylo sledování postnatální dynamiky hormonů štítné žlázy u jehňat od narození do 60 dnů jejich věku. Postnatální změny obsahu hormonů štítné žlázy v krevním séru byly sledovány celkem u 26 jehňat plemene šumavská ovce. Jehňata pocházela od 25 bahnic ze dvou pokusů s odlišným obsahem jodu, případně selenu v krmné dávce (KD) bahnic. Do jedné skupiny bylo zapojeno 11 jehňat (6 beránků a 5 jehniček), které přijímaly od 2. měsíce březosti v minerální krmné přísadě v přepočtu na 1 kg sušiny KD 3-5 mg jodu. Selen nebyl doplňován, jeho obsah v KD byl 0,2 mg na 1 kg sušiny KD. Do druhé skupiny bylo zařazeno 15 jehňat (8 beránků, 7 jehniček). Krmná dávka, která byla bahnicím podávána v období laktace, obsahovala 0,7-1,3 mg jodu a 0,2-0,4 mg selenu na 1 kg sušiny KD. Norma doporučené denní dávky pro ovce na 1 kg sušiny krmné dávky je průměrně 0,3 mg jódu a 0,15 mg selenu. Obsah jódu u obou pokusných skupin tedy převyšoval jeho doporučovaný obsah na kg sušiny.

Vliv rozdílné suplementace jódem se jednoznačně neprojevil. Při srovnání obou skupin byl vyšší obsah hormonů u beránků sk. A a naopak u jehniček sk. B. Na konci pokusu byl u beránků i jehniček sk. B vyšší obsah  $TT_4$ , o 2,2 -7,8 %, ostatní hormony měly vyšší koncentraci u jehniček i beránků skupiny A. Vliv zvýšeného příjmu selenu u sk. B se projevil vyšší koncentrací  $TT_3$  resp.  $FT_3$  pouze u jehniček.

Nejvyšší koncentrace trijódtyroninu a tyroxinu i jejich volných forem byly u jehňat zaznamenány ihned po narození a s přibývajícím věkem lze pozorovat jejich postupný pokles. Z výsledků vyplývá, že větší postnatální změny jsou charakteristické pro celkový i volný trijódtyronin. Jelikož thyroidní hormony se účastní procesu řízení termoregulačních mechanismů, látkových pochodů a metabolismu energie, souvisí tyto změny s postupnou adaptací jehňat po narození. Nižší pokles hladiny vázaného tyroxinu ( $TT_4$ ) ukazuje na jeho funkci zásobního hormonu.

Vliv pohlaví se projevil krátce po porodu, kdy byly u obou forem hormonů  $T_3$  a  $T_4$  zaznamenány vyšší průměrné hladiny u jehniček než u beránků. S postupujícím věkem jehňat (do 10. dne) se rozdíly vyrovnaly.

## SUMMARY

Proper function of the thyroid gland (*Glandula thyreoidea*) is very important for the proper functioning of metabolism. Thyroid hormones have multiple functions as a regulator of a cell activity, a major impact during growing and development of the organism and have influence on many other movements in a body. Production, secretion and proper function of thyroid hormones depend on iodine which is incorporated into them. Monitoring concentration of thyroid hormones in sheep and cattle is important, because they produce food for people. In our geographical location especially milk and cheese are the main source of iodine, except fish and salt. Livestock receive iodine as a mineral supplement. Higher dietary iodine supply results in increasing iodine excretion mainly by urine, but also in milk.

The aim of my work was to monitor and valorize of postnatal dynamics of thyroid hormones, thyroxine (TT<sub>4</sub>), triiodothyronine (TT<sub>3</sub>) and its free fractions (FT<sub>3</sub> and FT<sub>4</sub>), in lambs up to 60 days of age. During the experiment 26 lambs were divided into two groups according to sex and were supplemented by iodine in concentration 0,7 – 5 mg. Standard directed day ration for sheep is average 0,3 mg of iodine in 1 kilogram of dry mass (DM). One of the groups was also supplemented by selenium in concentration 0,2 – 0,4 mg in 1 kilogram of DM.

The results show that different supplementation by iodine was not detected clearly. Higher concentration of thyroid hormones was discovered in the ram lambs from the first group and also the ewes lambs from the second one. At the end of the experiment higher level of thyroxine was detected in the second group (B) from about 2,2 up to 7,8 %, in the first group (A) the others hormones showed higher concentration from 0,5 to 14,9%. The influence of higher supplementation of selenium in one group took shape in higher TT<sub>3</sub> concentration but only in ewe lambs. The highest concentration of triiodothyronine and thyroxine and also their free fractions in lambs was detected after birth and during ageing to see their gradual decrease. Higher postnatal changes in concentration are characteristic of triiodothyronine. Thyroid hormones participate in thermoregulation and energetic metabolism these changes relate to gradual adaptation of young animals after their birth. Lower decrease of thyroxine shows its storage function.

The effect of gender occurred shortly after birth – higher concentration of both hormones in ewe lambs. Within ten days the differences were balanced.

Monitoring of iodine content in food as well as concentration of thyroid hormones and proper function of the thyroid gland in livestock and people is very important particularly in our geographic location. In the case of absence or an excess of iodine in the fodder many health problems and metabolism disruption of the whole body may develop.



## OBSAH

1.	ÚVOD .....	10
2.	LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	12
2.1.	Štítná žláza ( <i>Glandula thyreoidea</i> )	12
2.1.1	Makroskopická stavba.....	13
2.1.2	Histologická stavba štítné žlázy .....	15
2.1.3	Funkce folikulárních a parafolikulárních buněk .....	17
2.2.	Hormony štítné žlázy a jejich funkce	19
2.2.1	Tvorba hormonů T <sub>3</sub> a T <sub>4</sub> .....	19
2.2.2	Uvolnění a transport T <sub>3</sub> a T <sub>4</sub> .....	20
2.2.3	Degradace T <sub>3</sub> a T <sub>4</sub> .....	21
2.2.4	Regulace sekrece hormonů štítné žlázy .....	21
2.3.	Funkce hormonů štítné žlázy	23
2.3.1	Funkce hormonů štítné žlázy během růstu a vývoje organismu .....	24
2.3.2	Vliv hormonů štítné žlázy na produkční schopnosti ovcí .....	26
2.4.	Jód	27
2.4.1	Nedostatek jódu.....	29
2.4.2	Nadbytek jódu .....	31
2.5.	Poruchy funkce štítné žlázy	32
2.5.1	Hypofunkce (hypothyreóza).....	32
2.5.2	Hyperfunkce (hypertyreóza) .....	34
2.5.3	Antityreoidní sloučeniny .....	35
3.	CÍLE PRÁCE .....	36
4.	MATERIÁL A METODY .....	36
5.	VÝSLEDKY A DISKUSE .....	39
5.1.	Postnatální změny v koncentraci hormonů štítné žlázy od 1. do 60. dne věku jehňat	39
5.2.	Úroveň hormonů štítné žlázy od 1. do 60. dne věku jehňat	44
5.3.	Vliv rozdílného příjmu jodu na obsah hormonů štítné žlázy jehňat	45
5.4.	Vliv pohlaví jehňat na obsah hormonů štítné žlázy v krevní plazmě	46
6.	ZÁVĚR .....	52
7.	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ.....	53

# 1. ÚVOD

Štítná žláza patří mezi endokrinní žlázy a její hlavní funkcí je produkce a sekrece hormonů tyroxinu, trijódtyroninu a kalcitoninu, které ovlivňují metabolismus tkání, růst a vývoj organismu a spoluúčastní se celé řady dalších pochodů v těle. Zvláště v prenatálním vývoji a u mláďat může být jejich nedostatek kritický.

Historie pozorování štítné žlázy a jejích funkcí je velmi stará. Už čínští a staroegyptští lékaři se zmiňují o atypických nálezech v oblasti štítné žlázy. Ve starém Římě dávali štítnou žlázu do souvislosti s dospíváním a začínající funkcí pohlavních žláz. Základní mikroskopickou strukturu a funkci štítné žlázy však popsal roku 1836 Dr. Thomas Wilkinson King (1809 - 1847), který je považován za jednoho z otců endokrinologie, ve svém článku "On the Structure and Function of the Thyroid Gland" (Guy's Hospital Reports, 1, 429). Už tehdy tušil, že produkty štítné žlázy se tvoří částečně i do zásoby. Strukturu hormon tyroxinu poprvé popsali v roce 1927 Harrington a Barger, i když izolován byl už o 12 let dříve. Objev trijódtyroninu přišel až na začátku 50. let 20. století a je spjat se jmény Leblond, Roche, Gross a Pitt-Riversová.

Onemocněním štítné žlázy trpí miliony lidí na celém světě. Mezi zásadní faktory pro fyziologickou funkci štítné žlázy patří dostatečný přísun a obsah jódu v organismu. Česká republika patří k zemím s trvalým nedostatkem jódu v prostředí, a tedy i potravě. Od poloviny minulého století se jodový deficit řeší obohacováním kuchyňské soli. Roku 1995 byla při Státním zdravotním ústavu v Praze založena Meziresortní komise pro řešení jódového deficitu, která sdružuje odborníky z oboru zdravotnictví, zemědělství a potravinářského i farmaceutického průmyslu a organizuje opatření, které mají vést k trvalé eliminaci chorob z nedostatku jódu v ČR. Tato komise je jedním z poradních orgánů Světové zdravotnické organizace, spolupracuje s ICCIDD (International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders). Nedostatečným příjmem jódu trpí v Evropě stále polovina obyvatel. V České republice je v současné době podle WHO pokládán jódový deficit za zvládnutý.

Monitorování úrovně zásobení populace jódem je ale potřeba věnovat stálou a systematickou pozornost. Jód potřebuje organismus v každém věku, zvláště pro syntézu důležitých hormonů štítné žlázy. Sledování koncentrace hormonů štítné žlázy u ovcí je důležité jak pro jejich zdravotní stav, tak pro správnou volbu dalšího zařazení minerálních přísad do krmiva, což souvisí s příznivou ekonomikou chovu. Obsah jódu v ovčím mléce a mléčných výrobcích, jako potravin, je důležitý z hlediska zdraví člověka, protože kromě jodidované soli a mořských ryb jsou mléko a mléčné výrobky jeho hlavním zdrojem v lidské výživě. Obsah jódu v potravinách závisí na jeho dodávání hospodářským zvířatům v krmivu.

## 2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1. Štítná žláza (*Glandula thyreoidea*)

Štítná žláza je žláza s vnitřní sekrecí (Najbrt, 1973), nachází se u všech obratlovců, od ryb až po savce (Sova, 1990), u přežvýkavců se vyvíjí ze spodiny embryonálního hltanu (Marvan a kol., 1998). Je to žláza párová, laločnatá, oba laloky jsou u některých druhů spojeny ventrálně můstkem (Sova, 1990).

Folikulární buňky štítné žlázy tvoří dva hormony: trijodtyronin ( $T_3$ ) a tetrajodtyronin (tyroxin –  $T_4$ ). Kromě již zmíněných hormonů ovlivňujících metabolismus tvoří parafolikulární buňky štítné žlázy kalcitonin, který snižuje hladinu vápníku a fosforu v krvi (Trojan, Schreiber, 2007) a je antagonistou paratyridinu – parathormonu (Marvan a kol., 1998).

Hormony štítné žlázy ovlivňují funkci buněk, tkání a orgánů celého těla. Ovlivňují především látkový metabolismus, růst a diferenciaci buněk, zvyšují příjem kyslíku ve tkáních, stimulují tvorbu bílkovin, ovlivňují růstové a vývojové procesy těla (Marvan a kol., 1998). Jsou nezbytné pro činnost nervové, reprodukční a dalších tkání. Spektrum jejich účinků je velmi široké, mají kalorigenní účinek, zvyšují v tělních buňkách rychlost oxidace a produkci tepla. Účastní se regulace metabolismu lipidů, proteinů a sacharidů (Čermák, 2000). Při jejich nedostatku dochází k vývojovým a růstovým poruchám nervové a kosterní soustavy (Marvan a kol., 1998).

Syntéza a uvolňování hormonů  $T_3$  a  $T_4$  je závislá na tyreotropním hormonu (TSH) a dostatku jódu za součinnosti příslušných buněčných organel a aktivit folikulárních buněk (Marvan a kol., 1998), sekreci TSH pak řídí zčásti přímá inhibiční zpětná vazba (vysoká koncentrace tyroxinu v krvi brzdí přímo další tvorbu TSH a adenohypofýze), zčásti působky z hypotalamu (tyreoliberin) (Sova, 1990).

Štítná žláza má neobyčejně vysokou schopnost vychytávat jód z krve, takže obsahuje až více než 20% veškerého jódu v organismu (svaly mají celkem 50%, ostatní tkáně zbytek). Vzhledem k tomu, že štítná žláza představuje jen 0,02 – 0,05% hmotnosti organismu, je koncentrace jódu ve žláze značná (Sova, 1990). Právě štítná žláza patří podle Jelínka, Koudely a kol. (2003) k největším endokrinním žlázám výše postavených obratlovců. Její velikost ovlivňuje jak fyziologické procesy v organismu, tak úroveň výživy, obsah jódu v krmivu i pitné vodě, teplotní podmínky, roční období, pohlaví, věk aj.

Odporující funkce štítné žlázy a aktivita hormonů štítné žlázy jsou považovány za rozhodující k udržení produkční výkonnosti domestikovaných zvířat (růst, produkce mléka a vlny) (Toldini, 2007).

### 2.1.1 Makroskopická stavba

Štítná žláza leží na dorzolaterální ploše v místě spojení hrtanu s průdušnicí (Marvan a kol., 1998), u hospodářských zvířat v rozsahu 2. – 8. tracheálního prstence (Sova, 1990). U přežvýkavců je štítná žláza zřetelně laločnatá (Marvan a kol., 1998). Tvoří ji pravý a levý lalok, *lobus dexter et sinister* (Černý, 2002). Levý a pravý lalok leží po stranách kraniálního konce průdušnice a zasahují někdy až na hrtan (u skotu). Laloky mají oválný, protáhle oválný až trojúhelníkový tvar (Červený a kol., 1999). Oba laloky spojuje můstek, *isthmus*, který se podle charakteru tkáně dělí na žlaznatý, *isthmus glandularis*, a vazivový, *isthmus fibrosus*. Žlaznatý můstek je u šelem a skotu, naopak u ovce, kozy a koně spojuje oba laloky štítné žlázy fibrózní můstek (Černý, 2002). Červený a kol. (1999) zmiňuje, že žlaznatý můstek obtáčí průdušnici z ventrální strany a dodává, že se může vyskytovat někdy i u kočky a psa. Sova (1990) uvádí, že u koně jsou oba laloky velikosti a tvaru vlašského ořechu, rovněž u skotu je štítná žláza relativně velká. Velmi mohutně rozvinutý isthmus je u prasete, kde představuje podstatu štítné žlázy (Červený, Komárek, Štěrbá, 1999), leží ventrolaterálně na průdušnici jako kompaktní pruh (Sova, 1990), zatímco oba laloky jsou jen naznačené (Červený, Komárek, Štěrbá, 1999). Laloky u skotu svým dorsálním, protáhlým okrajem přiléhají na jícen; kraniálním výběžkem zasahují až k hltanové svalovině. Isthmus leží ventrálně na druhém prstenci průdušnice. Oba laloky štítné žlázy i její žlaznatý můstek mají zřetelně lalůčkovitou stavbu a červenou barvu. Laloky štítné žlázy jsou hmatné na kaudálním okraji podčelistní žlázy.

U telete je štítná žláza temnější; vzhledem k velikosti těla je poměrně větší, než u dospělého zvířete, isthmus je silný (Najbrt, 1973).

Hmotnost žlázy je u skotu 21 – 36 g (Sova, 1990), u krav jatečného skotu Peksa a kol. (2010) ve svém výzkumu zjistil hmotnost až 47 g, u telat 16,4±4,2 g. U prasete uvádí Marvan a kol. (1998) 10 – 30 g, Sova (1990) dokonce až 50 g, hmotnost žlázy u ovce 4 – 7 g (Sova, 1990). Hmotnost štítné žlázy je ovlivněna živou hmotností a věkem (Peksa a kol., 2010).

Krevní zásobením štítné žlázy je neobyčejně bohaté (Jelínek, Koudela a kol., 2003), Folikuly oplétá hustá kapilární síť. Průtok krve žlázou je velmi intenzivní, štítná žláza patří mezi vůbec nejvíce prokrvené tkáně organismu (Sova, 1990). Také inervace je mohutná (Jelínek, Koudela a kol., 2003) a je autonomní (Sova, 1990).

Žláza je tmavočervené barvy (Červený a kol., 1999), podle Černého (2002) je spíše tmavě červená až fialová, Sova (1999) ji vidí spíše jako červenohnědou, tuhé konzistence.

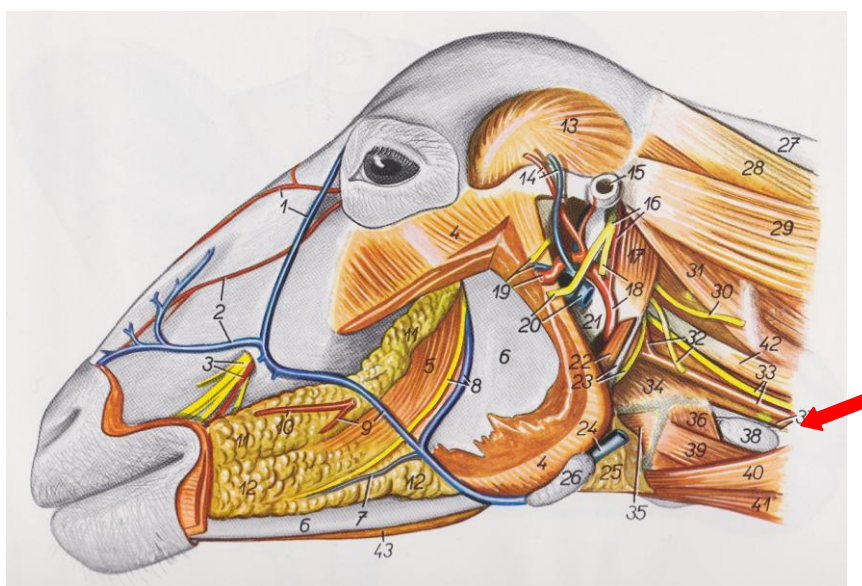
U většiny živočichů jsou v těsném anatomické spojení se štítnou žlázou příštítná tělíska (Sova, 1990), jsou uložena v těsné blízkosti štítné žlázy, nebo jsou zanořena přímo do ní (Cibulka a kol., 2004). Příštítné žlázy jsou zastoupeny zevní a vnitřní příštítnou žlázou. Představují drobná kulovitá tělíska. Zevní příštítná žláza - *glandula parathyreoidea externa* je vázána u přežvýkavců a prasete na hlavovou část brzlíku. *Glandula parathyreoidea interna* – vnitřní příštítná žláza – je u přežvýkavců na mediální straně laloku štítné žlázy (Červený a kol., 1999).

### 2.1.1.1 Štítná žláza ovcí

Najbrt (1973) popisuje obdobnou stavbu štítné žlázy skotu, ovcí a koz, isthmus však bývá u ovcí vazivový. Laloky štítné žlázy ovcí jsou dlouhé 3 – 5 cm, široké 1 – 1,5 cm a tlusté 0,5 – 0,8 cm. Jsou ploché, nepravidelně trojúhelníkovitého tvaru. Jsou uloženy po stranách prvních prstenců průdušnice.

Sova (1990) uvádí hmotnost žlázy u ovce 4 – 7 g, u jehňat mluví Krabačová (2002) o hmotnosti štítné žlázy v rozmezí 0,9 – 4,4 g.

Obrázek č. 1 Anatomické uložení štítné žlázy u ovce (Popesco, 1977)



### 2.1.2 Histologická stavba štítné žlázy

Štítná žláza je obalena vazivovým pouzdrem, od něhož odstupují jemné vazivové přepážky, které rozdělují parenchym na neúplné lalůčky (Marvan, F. a kol., 1998), jejichž velikost je závislá na funkčním stavu endokrinní žlázy (Trojan, Schreiber, 2007). Čím vyšší je aktivita, tím vyšší jsou epitelové buňky, které se stávají z plochých až cylindrickými (Sova, 1990).

Žlázu tvoří větší počet sférických nebo oválných váčků (folikuly) velikosti 0,05 – 0,3 mm, vystlaných kubickým epitelem (Sova, 1990). Marvan a kol. (1998) upřesňuje, že u přežvýkavců mají folikuly podobu uzavřených váčků.

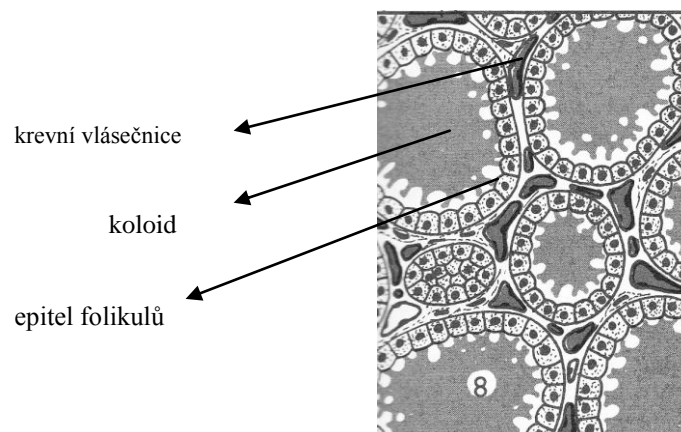
Epitel tvoří dva druhy buněk – folikulární epitelové buňky (90%) a světlé parafolikulární buňky – C buňky (Marvan a kol., 1998). Mezi folikuly jsou tedy lokalizovány parafolikulární buňky, což potvrzuje Cibulka (2004). Epitel folikulů je jednovrstevný, postrádá bazální membránu, epiteliální buňky se dotýkají přímo koloidu, druhým pólem pak řídkého vaziva a sítě krevních vlásečnic, které folikuly obklopují (Jelínek, Koudela a kol., 2003). Folikuly jsou bohatě obetkány i sítí mizních vlásečnic a sympatickými nervovými vlákny (Marvan a kol., 1998).

Volný povrch buněk epitelu je zvětšen mikroklyky, vybíhajícími do dutiny folikulu (Reece, 1998), tj. z epitelu do koloidu, a tak se vytváří velká plocha pro metabolické pochody mezi buňkami a koloidem (Sova, 1990).

Sova (1990) dále popisuje, že v dutině těchto folikulů se nachází viskózní homogenní materiál, tzv. koloid. Ten je secernovaný folikulárními buňkami, má podobu želatinózní tekutiny a jeho hlavní složku tvoří bílkovina tyreoglobulin (Marvan a kol., 1998).

Stěna váčků je tvořena folikulárními buňkami a vnitřní část je vyplněna koloidem (vodní roztok bílkovin). Tato viskózní tekutina je zásobárnou hormonů vázaných na bílkovinu tyreoglobulin (Trojan, Schreiber, 2007).

Obrázek č. 2 Histologická stavba štítné žlázy (Marvan a kol., 1998)





### 2.1.3 Funkce folikulárních a parafolikulárních buněk

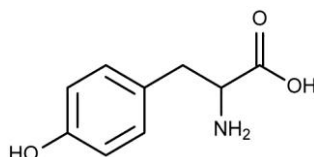
Folikulární buňky štítné žlázy tvoří dva hormony: trijodtyronin ( $T_3$ ) a tetrajodtyronin (tyroxin -  $T_4$ ) (Trojan, Schreiber, 2007), parafolikulární buňky vylučují hormon kalcitonin (Červený a kol., 1999).

Parafolikulární jsou světlé buňky, větší než folikulární buňky, nacházejí se samostatně nebo v malých skupinách mezi bází folikulárních buněk a bazální membránou a nedosahují do lumenu folikulů. Parafolikulární buňky mají odlišné vlastnosti i skladbu. Secernují hormon kalcitonin, který jako hypokalcemický faktor snižuje obsah vápníku v krvi a je antagonistou parathormonu (Marvan a kol., 1998).

Funkce buněk folikulů ve štítné žláze spočívá ve vychytávání a transportování jódu, v syntéze tyreoglobulinu a v jeho ukládání v koloidu a dále v odebrání tyreoidálních hormonů z tyreoglobulinu a v jejich vylučování do krevního oběhu (Sova, 1990).  $T_3$  a  $T_4$  jsou skladovány v koloidu uvnitř folikulů ve vazbě na glykoprotein tyreoglobulin. Dimer tyreoglobulin je syntetizován v ribosomech folikulárních buněk a svou sacharidovou komponentu získává v Golgiho aparátu (Silbernagl, Despopoulos, 2004).

Tyreoglobulin obsahuje aminokyseliny, které jsou prekurzory hormonů štítné žlázy – trijótyrozin a tetrajótyrozin. Folikulární epitelové buňky mají tedy dvojí funkci, jednak zajišťují příjem jódu, syntézu tyreoglobulinu a jeho sekreci i hromadění v koloidu, jednak odštěpují hormony  $T_3$  a  $T_4$  z tyreoglobulinu a secernují je do krevního oběhu (Marvan a kol., 1998).

**Tyrozín**      Lineární strukturální vzorec      HO-p-Ph-CH<sub>2</sub>-CH(NH<sub>2</sub>)-COOH



Aktivita folikulů úzce souvisí s jejich velikostí. Malé folikuly mají vysoký epitel a jsou aktivní, zatímco velké folikuly s obvykle nízkým epitelem mají nižší aktivitu (Marvan a kol., 1998).

Peksa a kol. (2010) při svém výzkumu zjistili, že hmotnost štítné žlázy, velikost folikulů, výška thyreocytů i obsah jódu štítné žlázy jsou větší u bahnic než u beranů. Obsah jódu podle nich souvisí s jeho příjmem v krmné dávce, velikost epitelových buněk ale přímou závislost na příjmu jódu nevykazovala.

Tabulka 1. Parametry štítné žlázy ovcí (Peksa a kol., 2010)

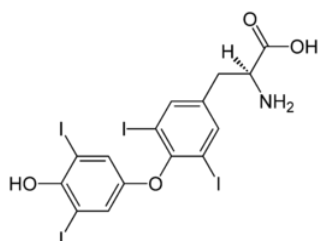
<b>Kategorie</b>	<b>Jód v KD</b> (mg.kg <sup>-1</sup> sušiny)	<b>Hmotnost štítné žlázy</b> (g)	<b>Velikost folikulů</b> (μm)	<b>Výška epitelu</b> (μm)
Ovce	5	7,2 ± 1,9	138 ± 30,1	6,2 ± 0,5
Jehňata	3	1,9 ± 0,5	74,9 ± 13,9	6,4 ± 0,5
Jehňata	0,7 – 1,3	2,9 ± 0,4	75,2 ± 1,5	6,1 ± 0,5

Vychytávání jódu a jódace jsou unikátní rysy činnosti štítné žlázy, které jsou pod kontrolou TSH (Reece, 1998). Štítná žláza je jedinou endokrinní žlázou, která svůj sekreční produkt ve velkém množství schraňuje, a to až v množství sto denních potřebných dávek. Pro štítnou žlázu je příznačný vysoký obsah jódu, minimálně 20% veškerého jódu v celém těle, a to přesto, že její průměrná hmotnost dosahuje pouze 0,02 až 0,05% živé hmotnosti (Jelínek, Koudela a kol., 2003).

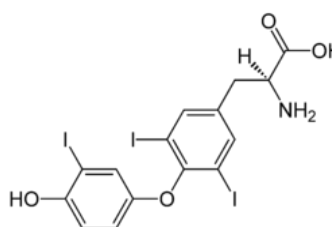
## 2.2. Hormony štítné žlázy a jejich funkce

Hormony štítné žlázy náleží do skupiny aminových hormonů (Reece, 1998). Chemicky jsou deriváty aminokyseliny tyrozinu a ve své molekule mají atomy jódu. Čtyři atomy jódu jsou v molekule tyroxinu ( $T_4$ ) a tři v molekule trijodthyroninu ( $T_3$ ) (Cibulka a kol, 2004). Ten je vázán organicky ve štítné žláze ve 4 formách. Tyreoidní hormony, tyroxin ( $T_4$ ) a 3,5,3'-trijodthyronin ( $T_3$ ) jsou buď kombinace dvou molekul dijodtyrozinu v případě  $T_4$ , nebo jedné molekuly monojodtyrozinu, jako u  $T_3$ . V obou případech mají kombinace za následek ztrátu jedné molekuly vody a aminokyselinového zbytku glycínu (Reece, 1998).

**Tyroxin**



**Trijodthyronin**



### 2.2.1 Tvorba hormonů $T_3$ a $T_4$

Anorganický jód se aktivně selektivně vychytává z krve do štítné žlázy (tzv. jódovou pumpou – aktivním transportem) (Sova, 1990), jodid je „pumpovaný“ do buňky proti elektrickému gradientu a potom difunduje ve směru gradientu do koloidu. Ve štítné žláze se jodid účinkem peroxidázy oxiduje na molekulární jód. Molekulární jód se rychle váže na tyrozinové zbytky v molekule tyreoglobulinu. Na jednu molekulu tyrozinu se váže jeden nebo dva atomy jódu, přičemž vzniká monojótyrozin (MIT) a dijótyrozin (DIT) (Boďa, Surynek, 1990). Z tyrozinů, jež nejsou biologicky účinné, se kondenzací tvoří tyroniny (z DIT a MIT vzniká trijodthyronin, spojením dvou molekul DIT vzniká tyroxin) (Sova, 1990).  $T_3$  vzniká i deiodací  $T_4$  (Boďa, Surynek, 1990). Epitelové buňky folikulu produkují enzymy, potřebné pro spojení molekul a tvorbu  $T_3$  a  $T_4$ . Spojené tyroxiny, připojené k molekule tyreoglobulinu, jsou po syntéze skladovány ve folikulu (Reece, 1998) a v této vázané formě zůstávají hormony až do své sekrece (Boďa, Surynek, 1990).

## 2.2.2 Uvolnění a transport $T_3$ a $T_4$

Molekuly tyreoglobulinu s navázanými  $T_3$  a  $T_4$  nejsou uvolňovány do krve z tyreoidních folikulů. Uvolnění z koloidu, který je obklopen a uzavřen folikulárními buňkami probíhá tak, že koloid vstupuje ve formě váčků do buněk (endocytóza). Lysozomy uvolní proteolytické enzymy a pomocí nich se oddělí  $T_3$  a  $T_4$  z tyreoglobulinu. Tím je umožněna jejich resorpce z bází buněk Monojódtyrozin a dijódtyrozin, podobně enzymaticky uvolněny, nejsou resorbovány, ale jsou dejódovány. Jód a tyroxin jsou recyklovány do nového tyreoglobulinu. Okolo 90% uvolněného tyreoidního hormonu představuje  $T_4$  (Reece, 1998).

V tučích rozpustné  $T_3$  a  $T_4$  přestupují cytoplazmatickou membránou do krevní plazmy a více než 99%  $T_3$  a  $T_4$  se váže na přepravní bílkovinu, kterou je jak globulin vázající tyroxin (Thyroxine-Binding-Globuline - TBG), tak prealbumin vázající tyroxin (Thyroxine-Binding-prealbumin – TBPA) (Jelínek, Koudela a kol., 2003) a těmi jsou transportovány do tkání (Cibulka a kol., 2004).

Volné  $T_3$  a  $T_4$  cirkulují krví sice pouze ve stopovém množství, ale pro cílové buňky představují účinnou formu (Silbernagl, Despopoulos, 2004), funkcí proteinově vázaných hormonů je jejich rychle využitelné skladování, zpoždění účinků snížení sekrece, stejně jako nárazník proti náhlému zvýšení v thyreoidní aktivitě (Toldini, 2007).

Trijodtyronin a tyroxin pronikají do buňky, kde se vážou na jadernou DNA (ovlivnění transkripce) a následně zvyšují počet mitochondrií a mitochondriálních přepážek, což se projevuje stimulačními účinky na metabolismus (Jelínek, Koudela a kol., 2003).

Kvantita a kvalita výživy jsou hlavními faktory determinující koncentrace thyreoidních hormonů v krevní plazmě. Plazmatická koncentrace těchto hormonů může tedy být dobrým indikátorem výživného stavu zvířete a koreluje s reprodukčním cyklem a tělesnou hmotností. Restrikce krmiva, nebo chybějící energie u dospělých ovcí se okamžitě projeví poklesem  $T_3$  (Toldini, 2007).

Tyroxinu ( $T_4$ ) se secernuje daleko více než trijodtyroninu  $T_3$ ,  $T_3$  je však daleko účinnější než  $T_4$  a také působí podstatně rychleji. Účinky  $T_3$  se projevují již po několika hodinách,  $T_4$  účinkuje teprve po několika dnech po sekreci (Jelínek, Koudela a kol., 2003). Silbernagl a Despopoulos (2004) upřesňují, že  $T_3$  má poločas

1 den,  $T_4$  7 dní. Důvodně se proto uvádí, že účinným hormonem je  $T_3$ , dnes se většinou  $T_4$  více přisuzují funkce zásobního prohormonu (Jelínek, Koudela a kol., 2003).

V zimních měsících vykazují thyrooidní hormony maximální hodnoty, v létě minimální. (Toldini, 2007).

### **2.2.3 Degradace $T_3$ a $T_4$**

Degradace  $T_4$  a  $T_3$  se uskutečňuje dejodací ve všech tkáních, kde  $T_4$  působí. Probíhá též dejodace  $T_4$  na  $T_3$ , což vede ke vzniku biologicky účinnější látky. V játrech se  $T_4$  a  $T_3$  konjugují na sulfáty a glukuronidy, které se vylučují do žluče a přecházejí do střev. Část z nich se zpětně resorbuje, část se vyloučí exkrementy (Boďa, Surynek, 1990). K dejodinaci může dojít ve většině, ne-li ve všech orgánech těla, ale játra a ledviny vykazují nejvyšší dejodizační aktivitu (Toldini, 2007).

### **2.2.4 Regulace sekrece hormonů štítné žlázy**

K zajištění sekrece ustáleného množství tyreoidních hormonů existuje mechanismus zpětné vazby přes hypotalamus a adenohipofýzu. Snížená hladina tyreoidních hormonů má za následek sekreci tyreotropin-releasing hormonu – TRH (tyreoliberin) do hypotalamo-hipofýzového portálního systému (Reece, 1998). Hypotalamus kontroluje hypofýzu také prostřednictvím inhibičních faktorů (somatostatin, dopamin) (Toldini, 2007).

Tyreotropní buňky adenohipofýzy jsou stimulovány TRH k sekreci TSH. Ta je doprovázena zvýšenou aktivitou štítné žlázy včetně zvýšeného uvolňování  $T_3$  a  $T_4$  z tyreoglobulinových molekul (Reece, 1998), epitel folikulů se zvyšuje, zmnožuje se počet mikroklků folikulárních buněk, které zpětnou resorpcí tyreoglobulinu umožní syntézu  $T_3$  a  $T_4$  a jejich předání do krevních vlásečnic při bázi folikulárních buněk (Marvan a kol., 1998). Jejich koncentrace v krvi pak zpětně ovlivňuje produkci tyreotropinu (TSH) a tyreoliberinu (Jelínek, Koudela, 2003). Sekrece TSH se inhibuje zvýšením koncentrace  $T_4$  a  $T_3$  v krvi a stimuluje se při poklesu jejich hladin (Boďa, Surynek, 1990).

Efekt TRH je modifikován vlivem  $T_4$  v plazmě. K tomu musí být přijatý  $T_4$ , stejně jako v jiných cílových buňkách, intracelulárně dejodován na  $T_3$ .  $T_3$  tlumí sekreci TRH v hypotalamu a snižuje v hypofýze množství receptorů pro TRH, takže sekrece TSH a následkem toho i  $T_3/T_4$  klesá (negativní zpětná vazba) (Silbernagl a Despopoulos, 2004). Tímto mechanismem zpětné vazby je zajišťována konstantní hladina, odpovídající normálnímu metabolismu (Reece, 1998). Uplatňuje se i přímý přísun jódu do štítné žlázy jako základní suroviny pro tvorbu jejích hormonů (Sova, 1990).

TSH působí komplexně na folikulární buňky štítné žlázy a stimuluje všechny procesy syntézy a sekrece jejích hormonů (Boďa, Surynek, 1990).

Silbernagl a Despopoulos (2004) doplňují ještě funkci heterodimeru TSH jako řídicího všechny funkce štítné žlázy, tj. příjem jodidu, syntézu a sekreci  $T_3/T_4$  ale i prokrvení a růst žlázy.

Mnoho faktorů je schopno ovlivnit aktivitu štítné žlázy a koncentraci jejích hormonů v krvi, působit na úrovni hypotalamu, hypofýzy, a nebo štítné žlázy. Navíc, růstové faktory, prostaglandiny, cytokininy, prostřednictvím parakrynních a/nebo autokrynních akcí mohou být buňky štítné žlázy modifikovány k růstu a aktivitě (Toldini, 2007).

Sekreci TSH u zvířat zvyšuje i působení chladu; snižuje vliv tepla, popř. stresové zátěže (Sova, 1990). Silbernagl a Despopoulos (2004) uvádějí stimulaci uvolňování TRH chladem i u novorozenech dětí. Reece (1998) vysvětluje, že hladina TSH stoupá, pokud jsou zvířata vystavena chladnému prostředí. Odpověď je zprostředkována ochlazením přední části hypotalamu, což má za následek zvýšení metabolismu a následné zvýšení produkce tepla. Vzrušení a úzkost vedou ke snížení výdeje tyreoidních hormonů, protože stimulace sympatického nervového systému, vyvolaná těmito stavy, zapříčiní zvýšené uvolnění adrenalinu a noradrenalinu. To má za následek zvýšení metabolismu a zvýšení produkce tepla (Reece, 1998).

### 2.3. Funkce hormonů štítné žlázy

Hlavní účinek hormonů štítné žlázy je metabolický, to znamená, že zvyšují přeměnu látek a spotřebu kyslíku ve většině tkání (Trojan, Schreiber, 2007); s výjimkou mozku, plic, sítnice, varlat a sleziny (Reece, 1998). Zvyšují zde úroveň tkáňových oxidací, a tím i uvolňování energie (Trojan, Schreiber, 2007), zvyšují počet mitochondrií, zvyšují expresi  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , ATPázy a ovlivňují metabolismus cholesterolu.  $\text{T}_3$  a  $\text{T}_4$  dále stimulují glykolýzu v játrech, zvyšují glukogenezi a glukoneogenezi, zvyšují lipolýzu a snižují citlivost k antilipolytickému působení inzulinu (Cibulka a kol., 2004). Pod vlivem tyroxinu mizí zásoby glykogenu v játrech a zvyšuje se hladina krevní glukózy, stejně tak se zvyšuje hladina dusíkatých látek v krvi a jejich výdej moči (negativní dusíková bilance). Množství lipidů v krevní plazmě naopak klesá. Dále zasahuje tyroxin do metabolismu vody a solí (Sova, 1990). Významný je také jejich účinek na srdeční sval, zvyšují srdeční frekvenci a sílu srdečních stahů (Trojan, Schreiber, 2007).

Hormony štítné žlázy ovlivňují růst a diferenciaci buněk, zvyšují příjem kyslíku ve tkáních, stimulují tvorbu bílkovin, ovlivňují růstové a vývojové procesy těla. Při jejich nedostatku dochází k vývojovým a růstovým poruchám nervové a kosterní soustavy (Marvan a kol., 1998).

Tyreoidální hormony jsou potřebné pro konverzi karotenu na vitamín A. Při zvýšeném metabolismu stoupá potřeba všech vitamínů (Boďa, Surynek, 1990).

Tyroxín má silný galoktopoetický účinek, který zvyšuje sekreci mléka. Laktace je provázená zvýšenou sekrecí hormonů štítné žlázy. Snižování hladiny cirkulujících  $\text{T}_3$  a  $\text{T}_4$  snižuje mléčnou produkci (Boďa, Surynek, 1990).

Specifická role tyreoidních hormonů ve zvyšování produkce tepla nebyla definitivně rozluštěna, ale uvádí se, že zvýšení tepla je sekundární a následuje po zvýšené stimulaci syntézy proteinů tyreoidními hormony (Reece, 1998).

### 2.3.1 Funkce hormonů štítné žlázy během růstu a vývoje organismu

Endokrinně aktivní je již štítná žláza plodu, protože mateřské tyroidní hormony nemohou procházet placentární bariérou (Jelínek, Koudela a kol., 2003). I lidský fetus je od 18. - 20. týdne gravidity závislý na své sekreci  $T_3$  a  $T_4$ , protože mateřské hormony se inaktivují v placentě (Javorka, 1996). Ve vývoji člověka se tedy hormony štítné žlázy uplatňují jako významný diferenciační faktor již v nitroděložním období (Trojan, Schreiber, 2007), podle Jelínka a Koudely (2003) jsou fetální hormony štítné žlázy nutné pro vývoj plic a nervového systému. Hormony štítné žlázy mají také vliv na růst a vývoj fetálních jater, kosterního svalstva, působí na tvorbu receptorů pro růstový hormon a jsou důležité pro fetální glukogenezi v játrech a ledvinách (Toldini, 2007). U člověka absence tyroidních hormonů během fetálního období má za následek ireversibilní mentální retardaci, syndrom označovaný jako kretenismus (Jelínek, Koudela a kol., 2003).

Podle Toldiniho (2007) jsou u ovčího plodu, během poslední třetiny březosti koncentrace hormonu  $T_4$  mírně vyšší nebo srovnatelné s koncentracemi u dospělých zvířat, zatímco koncentrace fetálního  $T_3$  bývá velmi nízká. Zvýšená dostupnost aktivního  $T_3$  je důležitá pro pozdější fáze diferenciace tkání. Funkční vývoj hnědé tukové tkáně umožní vývoj termoregulace.

Přechod z nitroděložního prostředí během porodu představuje pro mládě stres spojený se vzestupem kortikoidů, který končí adaptací na vnější prostředí. Změny látkové přeměny nejčastěji souvisejí s odlišným typem výživy, nedokončeným funkčním stavem některých orgánů a s růstovými nároky. Přeměna energie a látek je u mláďat všeobecně vyšší, neboť velká část energie se ukládá v přírůstku hmoty těla. U telat a jehňat se po narození energetický obrat (přepočítaný na 1 kg hmotnosti) zvyšuje do 20 dnů. Pak následuje pokles, ale přesto zůstává energetický obrat ještě u třináctiměsíčního skotu a u tříměsíčních jehňat vyšší než u dospělých zvířat (Sova, 1990).

Obdobně jako v prenatálním vývoji dochází i v průběhu postnatálního vývoje k údobím aktivní organizace a adaptace funkcí, tzv. kritickým vývojovým periodám, ve kterých lze výrazně modifikovat životní projevy. Tato období jsou provázena výraznými změnami v látkové přeměně a v činnosti orgánů (Sova, 1990).



U minerálního metabolismu je během růstu rozhodující převaha anabolických procesů, provázených zvýšeným ukládáním kostitvorných minerálních látek a zvláštním postavením sodíku a draslíku pro homeostázu osmotického tlaku při přetížení tekutinou v období mléčné výživy. Na regulaci minerálního metabolismu v období růstu se podílejí somatotropní hormon, parathormon, kalcitonin, mineralokortikoidy a hormony štítné žlázy. Mláďata jsou na dostatečný přísun minerálních látek náročnější než dospělá zvířata. Jejich nedostatek se projevuje sníženým příjmem krmiva, zhoršeným růstem a vývojem kostry (Sova, 1990). Fyziologické množství  $T_4$  a  $T_3$  mají proteoanabolické účinky, což se projevuje zejména v období vývoje zvířat, když se při nedostatku hormonů proteosyntéza snižuje (Boďa, Surynek, 1990). Rychlost růstu v období sání souvisí s obsahem bílkovin a minerálních látek v mateřském mléce příslušného druhu zvířete (Sova, 1990).

Volný  $T_3$  v krevní plazmě u novorozenech jehňat se zvyšuje paralelně s totálním  $T_3$ , zatímco koncentrace zvyšování volného  $T_4$  je pozvolnější než zvyšování celkového  $T_4$ . Pokud jde o  $T_4$ , štítná žláza není schopna reagovat ihned na hormonální stimulaci TSH pravděpodobně proto, že k vyčerpání vývodů žlázy dochází během prvních hodin života. Je pravděpodobné, že během prvních hodin života štítná žláza reaguje na další stimulační faktory jako je malé zvýšení hormonů štítné žlázy v krevní plazmě po narození jehněte. Hladiny hormonů v plazmě také vysoce korelují s hmotností jehněte při narození a jsou nižší u jehňat, které jsou separovány od matek ihned po porodu, než u těch, která jsou ponechána s matkami. Plazmatická koncentrace  $T_4$  je při narození vyšší u jedináčků, než u dvojčat (Toldini, 2007).

### 2.3.2 Vliv hormonů štítné žlázy na produkční schopnosti ovcí

Problematiku souvislosti produkce hormonů štítné žlázy na produkční schopnosti ovcí a koz obsáhle shrnuje ve své studii Thyroid hormones in small ruminants L. Toldini (2007). Poukazuje na značný zájem, který vzbudilo zapojení hormonů  $T_3$  a  $T_4$  při sezónní reprodukci ovcí. Ovce, kterým byla odebrána štítná žláza začaly sezónní sexuální chování ve stejnou dobu jako ostatní zdravá zvířata, ale jejich cyklus pokračoval i v době, kdy zdravé bahnice započaly sezónní anestrus. U beranů způsobuje thyreodektomie narušení sezónního cyklu sekrece gonádotropinů a velikost varlat (Toldini, 2007).

U mladých zvířat není rozdíl, co se týče koncentrace hormonů napříč pohlavími. U kašmírových koz po 8 měsíci věku byly hodnoty  $T_3$  nižší u kozlíků než u koziček, zatímco hodnoty  $T_4$  se nelišily. Obecně u starších zvířat nacházíme nižší hodnoty hormonů (Toldini, 2007).

Podle Toldiniho (2007) závisí i kvalita a množství vlny na syntéze a přítomnosti hormonu  $T_3$  a aktivitě dejodinázy v kůži. Plemena ovcí obvykle chovaná v extenzivních podmínkách (hornaté oblasti) mají lépe vyvinutou termoregulaci než plemena chovaná intenzivním způsobem chovu v nížinách. To částečně souvisí s charakteristickým pokryvem těla zvířete při narození, za doprovodu vyšší koncentrace hormonů štítné žlázy, důležitých pro produkci tepla a růst vlny v horských oblastech, než v nížinných.

V chovech skotu a ovcí jsou pro doplnění jódu užívány minerální krmné přísady s obsahem jódu od 20 do 150 mg x kg<sup>-1</sup>. Rozdíly v množství podávaných MKP, v jejich využití a skutečném individuálním příjmu vyžadují objektivnějšího kritéria stavu jódu v organismu. Pro tyto účely se doporučuje analýza obsahu jódu v mléce, moči, krevní plazmě atd. (Trávníček a kol., Saturace skotu a ovcí jodem a úroveň hormonů štítné žlázy). Důležité znalosti ve vzoru metabolismu hormonů štítné žlázy a jejich role při ontogenetickém vývoji byly získány výzkumem právě ovčích plodů a novorozených jehňat (Toldini, 2007).

## 2.4. Jód

V organismu zvířat se jódu nachází velmi málo, jen asi 0,3 – 0,7 mg na 1 kg živé hmotnosti (Sova, 1990) a s přibývajícím věkem se jeho koncentrace snižuje (Jelínek, Koudela a kol., 2003). Obsah jódu v těle závisí na úrovni jeho příjmu, 80% jodu je uloženo ve štítné žláze, zbytek v krvi, mozku, kůži a dalších tkáních (Čermák, 2000), 10 – 15% ve svalovině, zbytek pak v kůži, skeletu a ostatních orgánech (Jelínek, Koudela a kol., 2003). Jod cirkuluje v krvi ve třech formách, anorganický I<sup>-</sup>, anorganický nehormonální jod v podobě jodovaného tyreoglobulinu a jod obsažený v T<sub>3</sub> a T<sub>4</sub> vázaný na plazmatické bílkoviny „protein bound iodine“ (Silbernagl, Despopoulos, 2004). Jod v krevní plazmě tedy zastávají převážně hormony štítné žlázy vázané na bílkoviny. Nepatrné množství jódu v krevní plazmě je ve formě anorganické, potvrzuje i Jelínek a Koudela (2003).

Jód, využitelný zvířaty, může být přítomen v rostlinách nebo vodě. V rostlinách je obsah jódu všeobecně vyšší v seně a v silážovaných objemných krmivech, než v zelené hmotě a zrninách (Herzig, Suchý, 1996). Trávníček a kol. (2011) uvádí, že obsah jódu v České republice v objemných krmivech se pohybuje od 0,1 do 0,9 mg x kg<sup>-1</sup> sušiny.

Tabulka 2. Obsah jódu v objemných krmivech (mg x kg<sup>-1</sup> sušiny) v jihozápadních Čechách (Trávníček a kol., 2011)

<b>Krmivo</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
Pastevní porost	0,027	0,555
Seno	0,023	0,523
Travní siláž	0,025	0,945
Kukuřičná siláž	0,034	0,463

Jód se velmi snadno resorbuje v celém úseku trávicího ústrojí, nejvíce v tenkém střevě (Jelínek, Koudela a kol., 2003), a to ve formě jodidu, odkud se ho během čtvrt hodiny asi 1/3 vychytá štítnou žlázou a ostatní 2/3 se vyloučí ledvinami (Sova, 1990). U přežvýkavců dochází k resorpci i v předžaludku. Jód se vstřebává i kůží a plícemi (Jelínek, Koudela a kol., 2003). Jeho stravitelnost snižuje vápník, hořčík a železo (Čermák, 2000), Jelínek, Koudela a kol. (2003) upozorňuje i na nadbytek draslíku v krmné dávce, některé těžké kovy a řadu látek, tzv. strumigenů, ke kterým náleží dusičnany, dusitany, glukosinoláty, kyanogenní glykosidy, izoflavony.

Herzig a Suchý (1996) už uvádí, že štítnou žlázou je zachyceno 15 až 45% jodu. Exkrece probíhá prostřednictvím ledvin, v menší míře pak slinami, žlučí, žaludeční a střevní šťávou. Malá část jodu se vylučuje potem. Relativně značné množství jodu je vylučováno kolostrem a mlékem (Jelínek, Koudela a kol., 2003). Hladina jodu v moči je základním ukazatelem úrovně jeho příjmu a je využívána k zjištění případného deficitu (Čermák, 2000). Vyloučený jod musí být nahrazen příjmem v potravě (Silbernagl, Despopoulos, 2004).

Jod sám o sobě není fyziologicky aktivní (Čermák, 2000), fyziologický význam souvisí s účinkem tyroidních hormonů štítné žlázy, které obsahují jód jako normální strukturální součást (Sova, 1990). Ve štítné žláze slouží k jodaci tyreoglobulinu a syntéze tyroidálních hormonů, tyroxinu a trijotyroninu (Čermák, 2000).

Homeostáza jodu je určována stavem nasycenosti organismu jodem, činností štítné žlázy, mírou resorpce a mírou exkrece jodu. Resorbovaný jód je velmi rychle vychytáván štítnou žlázou na bazální membráně folikulárních buněk a je koncentrován ve štítné žláze. Tento proces vyžaduje značné množství kyslíku a energie (Jelínek, Koudela a kol., 2003).

Dostatečný příjem jodu má zásadní význam pro fyziologickou funkci štítné žlázy, tzn. tvorbu tyroidálních hormonů, jak lidí, tak i zvířat (Herzig, Suchý, 1996). Zdrojem jodu je pitná voda, krmiva a minerální krmné směsi. Koncentrace jodu ve vodě a krmivech je značně rozdílná v závislosti na obsahu jodu v půdě (Jelínek, Koudela a kol., 2003).

Potřeba jódu činí pro většinu zvířat 0,3 mg na kg sušiny krmné dávky (Jelínek, Koudela a kol., 2003). Dle The EFSA Journal (2005) je doporučená dávka pro ovce a kozy 0,1 - 0,8 mg x kg<sup>-1</sup> sušiny KD. 0,5 mg jódu by mělo být dostačující pro březí a kojící ovce a kozy. Potřeba jódu pro bahnice dle Labudy a kol. (1982) je pro jalové ovce konkrétně 0, 14 - 0, 17 mg, v době březosti 0, 17 - 0, 23 mg a pro jehně 0, 22 - 0, 24 mg. U mláďat je potřeba vyšší než u zvířat dospělých, zvyšuje se v průběhu gravidity (Jelínek, Koudela a kol., 2003). Herzig a Suchý (1996) ještě správně upozorňují na laktující zvířata, která mají také zvýšenou potřebu, protože jód je sekretován mlékem.

Vysoká koncentrace strumigenních látek zvyšuje požadavky na příjem jódu. V podmínkách ČR je přirozený příjem jódu nedostatečný, proto musí být krmné dávky jodem suplementovány (Jelínek, Koudela a kol., 2003). Čermák (2000) uvádí povolené formy suplementace: jsou to jodid draselný, jodid sodný, jodičnan vápenatý bezvodý, jodičnan vápenatý hexahydrát, jodičnan vápenatý monohydrát a jodované nenasycené mastné kyseliny.

### **2.4.1 Nedostatek jódu**

Hospodářská zvířata jsou ideálním indikátorem nedostatku jodu pro určité území především proto, že přijímají krmivo z oblasti, ve které žijí (Herzig, Suchý, 1996). Karence jódu s následným charakteristickým zvětšením štítné žlázy – strumou, patří odedávna k závažným zdravotním problémům. Zápisy o ní se objevují v Číně již ve 3. tisíciletí pře. n. l. Struma jako nejčastější projev nedostatku jódu je aktuální u těch druhů hospodářských zvířat, která jsou svou výživou dlouhodobě vázána na místní objemná krmiva (skot, ovce, kozy, koně). Enormní růst thyreoidey se vyvíjí již nitroděložně, struma se tudíž vyskytuje u novorozených mláďat (Kursa a kol., 1996). Nedostatek jodu se objevuje především ve vnitrozemských strumigenních oblastech, mezi které patří celá střední Evropa (Čermák, 2000). V současné době klinicky evidentní nedostatek jódu u zvířat je spíše sporadický kvůli suplementaci jodem v krmivu (The EFSA Journal, 2005).

Důsledkem nedostatku jodu je deficiencie hormonů štítné žlázy, což se odráží ve snížení všech metabolických aktivit v těle (Herzig, Suchý, 1996). Už Farmář (1998) poukazuje na to, že i když nejběžnější poruchou tohoto původu je struma – charakteristické zvětšení štítné žlázy – nedostatek jódu ovlivňuje nepříznivě rovněž

novorozeneckou úmrtnost, fertilitu, fyzickou a psychickou kvalitu postižené populace, růst, zabřezávání po první inseminaci, involuci pohlavních orgánů atd. Struma je tudíž jedním, sice nejnápadnějším, ale nikoli jediným projevem jodového nedostatku. Reece (1998) doplňuje k předčasným porodům porody lysých selat a jehňat.

V chovech s deficitem jódu lze pozorovat vrozené strumy u telat, jehňat, kůzlat i selat, sníženou životnost mláďat a vysoké ztráty úhynem. U samic se vyskytují poruchy činnosti ovárií, anestrus, ovariální cysty a řada dalších poruch (Jelínek, Koudela a kol., 2003). Nedostatek jódu ovlivňuje vývoj mozku a potomstva, stejně jako růst (The EFSA Journal, 2005). U gravidních zvířat může vést k abortům. U dospělých zvířat dochází k snížení přírůstků, produkce mléka a vajec (Čermák, 2000). Klinické projevy deficitu jodu u krav jsou charakterizovány aborty a mrtvě narozenými telaty a prodlouženou involucí pohlavních orgánů, funkčními poruchami ovárií, zvýšeným výskytem endometritid a sníženou fertilitou (Herzig, I., Suchý P., 1996). U samců pak slabší růst varlat, poškození spermatogeneze a snížené libido. Také mléčná žláza je ovlivněna hormony štítné žlázy. Tyroxin významně podporuje tvorbu mléka (Cibulka a kol., 2004).

U savců při nedostatku hormonů slábne srst a chlupy jsou lámavé. U ovcí normální vývin folikulů produkujících vlnu vyžaduje větší množství tyroxinu než je třeba pro růst chlupu. Deficience jódu u rostoucích jehňat může tedy silně poškodit kvalitu vlny v dospělosti (Cibulka a kol., 2004).

Typickými příznaky deficiencie jódu u mladých přežvýkavců zahrnují celkovou slabost, rození slepých mláďat, bez srsti, nebo mláďat mrtvých. Byla potvrzena i retardace vývoje mozku plodu jehňat. U dospělých přežvýkavců, kromě snížení samičích reprodukčních schopností je i samčí fertilita ovlivněna deficiencí jódu. Libido klesá a zhoršuje se kvalita semene. Nedostatek jódu ovlivňuje funkci štítné žlázy u zvířat stejným způsobem, jako u člověka. Ve všech věkových skupinách, nedostatek jódu snižuje tvorbu hormonů štítné žlázy a následně celkový metabolismus a oxidační procesy. V kritickém období u plodu a v časném postnatálním stádiu dochází k nevratnému poškození mozku (The EFSA Journal, 2005).

## 2.4.2 Nadbytek jódu

Suplementace jódu u hospodářských zvířat představuje významný prvek v celosvětovém řešení jeho nedostatku u obyvatel Světovou zdravotnickou organizací v rámci činnosti International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders. V oblastech s úspěšnou živočišnou produkcí podmíněnou vysokou úrovní suplementace stopových prvků včetně jódu se pozornost soustřeďuje i na rizika jeho případného nadbytku (Dušová a kol., 2012a). Podle Čermáka (2000) se přesto s nadměrným příjmem jódu u hospodářských zvířat prakticky nesetkáváme. Jiní autoři zaznamenali nadbytek jódu v suplementech a živočišných produktech (Trávníček a kol., 2006). Citlivost podle druhů zvířat není stejná a i v populaci stejného druhu existují individuální rozdíly (Herzig a Suchý, 1996). Nadbytek je podle Jelínka a Koudely (2003) zvířaty poměrně dobře tolerován, protože přijatý jód se snadno vylučuje močí.

Enormně vysoký příjem jódu může vyvolat poruchy zdravotního stavu, které souvisejí s navozením hyperfunkce štítné žlázy. Reece (1998) upozorňuje na fakt, že dlouhodobý příjem vysokých dávek jódu snižuje jeho vychytávání štítnou žlázou. Byl zjištěn i vliv na imunitní systém (Dušová a kol., 2012b). Čermák (2000) uvádí, že k otravě jodem (jodismu) může dojít při chybné manipulaci s minerálními krmnými doplňky. Podle Herziga a Suchého (1996) se jodismus klinicky projevuje slzením, rýmou, kašlem, zježenou srstí, později dermatitidou a horečkou až exitem.

The EFSA Journal (2005) uvádí jako převládající klinické příznaky účinků přebytečného jódu u telat kašel, noso-oční výtok a pneumonii, které vymizely během 4 týdnů po snížení obsahu jódu v krmné dávce. U telat 50 mg jódu na  $\text{kg}^{-1}$  krmiva způsobilo krom příznaků výše uvedených snížení přírůstku tělesné hmotnosti a příjmu krmiva.

## 2.5. Poruchy funkce štítné žlázy

U všech obratlovců se zjišťují hypofunkce i hyperfunkce štítné žlázy, hyperfunkce i hypofunkce příštítné žlázy nejsou u hospodářských zvířat časté (Jelínek, Koudela a kol., 2003). Sova (1990) ale upomíná, že mimo poruch štítné žlázy dochází běžně k fyziologické hyperfunkci za gravidity a laktace, k fyziologické hypofunkci především u zvířat, které upadají do zimního spánku.

Štítná žláza má úzké vztahy k jiným endokrinním žlázám. Běžně se poukazuje na zvýšení koncentrace noradrenalinu při hypotyreóze. Hormony štítné žlázy citlivě spolupracují se steroidními hormony, jejichž obrat se právě urychluje při hyperfunkci a zpomaluje při hypofunkci štítné žlázy (Jelínek, Koudela a kol., 2003). Silbernagl a Despopoulos (2004) zase poukazují na  $T_3$  a jeho souvislost s inzulinem, glukagonem, STH a adrenalinem, které pozbývají při hypotyreóze svého stimulačního účinku na zvýšení energetické přeměny, zatímco při hypertyreóze se stupňuje citlivost na adrenalin (stoupá např. srdeční frekvence aj.).

### 2.5.1 Hypofunkce (hypotyreóza)

Hypotyreózy mohou být zapříčiněny lézí štítné žlázy, nedostatkem TSH nebo TRH nedostatečným přívodem jódu a vlivem strumigenů (Boďa, Surynek, 1990).

Typická forma deficience tyreoidního hormonu vychází z nedostatku jódu a následné neschopnosti štítné žlázy produkovat  $T_3$  a  $T_4$ . Nedostatek cirkulujících hormonů spustí obvyklý mechanismus zpětné vazby, takže je produkován TSH. Výsledná stimulace štítné žlázy způsobí akumulaci tyreoglobulinu, ale bez účinného výdeje  $T_3$  a  $T_4$  (Reece, 1998). To je příčinou hypertrofie a brzy hyperplazie folikulárních buněk štítné žlázy a zvýšení průtoku krve, což má zabezpečit zvýšené vychytávání jódu (Boďa, Surynek, 1990). Štítná žláza se zvětšuje, protože se v ní akumuluje koloid. Stav je označován jako struma nebo vole (Reece, 1998).

Hypotyreóza nastává, když ani zvětšená štítná žláza již není schopna tvořit dostatek  $T_3$  a  $T_4$ , vzniká hypotyroidní struma, která se objevuje také při vrozených poruchách syntézy  $T_3$  a  $T_4$ , při zánětech štítné žlázy apod. (Silbernagl, Despopoulos, 2004).

Struma(vole) je difuzní nebo nodulární zvětšení štítné žlázy. Příčinou difuzní strumy může být např. nedostatek jódu. Následkem toho nastává pokles produkce  $T_3/T_4$ , který vyvolává mj. zvýšenou sekreci TSH. Chronické zvýšení TSH pak vede



ke vzniku strumy, protože jeho vlivem značně proliferují folikulární buňky (hyperplastická struma). Nyní stoupá syntéza  $T_3/T_4$ , což může mít za následek normalizaci koncentrace těchto hormonů v krvi: eutyroidní struma. Taková struma často přetrvává, i když původní strumigenní noxa (např. nedostatek jodu) pomine (Silbernagl, Despopoulos, 2004).

Čermák (2000) vysvětluje, že hypofunkce štítné žlázy může vzniknout i při sekundárním jodovém deficitu vyvolaném působením strumigenních látek narušujících jeho metabolismus a syntézu thyroidálních hormonů. K poruchám může dojít při krmení vysokými dávkami strumigenních krmiv, obsahujících thiokyanáty. Obdobně mohou působit i strumigeny obsažené v napájecích vodách, dusičnany, dusitany, jodičnany, chloristany apod. Strumigenní účinky byly popsány i u některých antibiotik.

Zvláště kritická je hypofunkce v období vývoje organismu. Tehdy dochází k zastavení enchondrální osifikace, ke změnám proporcionality a k vážným poruchám centrální nervové soustavy. U člověka absence toroidních hormonů během fetálního období má za následek ireversibilní mentální retardaci, syndrom označovaný jako kretenismus (Jelínek, Koudela a kol., 2003), projevující se retardací tělesného růstu, opožděním sexuálního vývoje a poškozením CNS. Podání hormonů štítné žlázy v prvních 6 měsících života může uvedených poruchám zčásti zabránit (Silbernagl, Despopoulos, 2004).

U hospodářských zvířat může hypothyreóza probíhat od těžkých poruch až po lehké projevy latentní hypothyreózy, zvířata jsou retardovaná a těžkopádná. Velmi výrazné jsou tyto poruchy u mladých zvířat (Bod'a, Surynek, 1990). Ve zvýšeném množství se v těle a zvláště v podkoží zadržuje voda, elektrolyty a bílkoviny, vytvářejí se specifické otoky – myxedém, kůže hrubne (Jelínek, Koudela a kol., 2003). Většinou zvířata špatně rostou, srst, pokrývka těla je tenčí, jednotlivé chlupy jsou hrubé, křehké a vypadávají (Bod'a, Surynek, 1990), jsou suché, matné (bez lesku) (Reece, 1998). U telat a selat pocházejících od hypothyreoidních matek jsou často pozorovány myxedém a alopecie, u ovcí zhoršení kvality vlny. U ovcí se zpomaluje prořezávání zubů a růst rohů (Bod'a, Surynek, 1990).

## 2.5.2 Hyperfunkce (hypertyreóza)

Hypertyreóza může být primární nebo sekundární. Vzniká na podkladě zvýšené produkce  $T_4$  a  $T_3$ . Klinické a metabolické projevy jsou důsledkem zvyšujícího se účinku obou hormonů. Nadbytek hormonů štítné žlázy má výrazné proteokatabolické účinky. Zvyšuje se vylučování dusíku a klesá tělesná hmotnost. Katabolická reakce kosterních svalů je někdy tak silná, že vzniká svalová slabost a výrazná ketonurie (tyreotoxická myopatie). Zvyšuje se i exkrece kyseliny močové. Mobilizace kostního proteinu vede k hyperkalcémii, hyperkaliciúrii (Boďa, Surynek, 1990).

Tumor štítné žlázy nebo difuzní struma produkuje nadměrné množství  $T_3/T_4$  nezávisle na TSH (Silbernagl, Despopoulos, 2004). Podle Bodi a Surynka (1990) může vznikat hypertyreóza následkem lézí štítné žlázy, která může být postižená difúzně (Basedowova, Gravesova choroba) nebo parciálně (toxický adenóm) .

Při Basedowově chorobě je štítná žláza zvětšená a hyperplastická, vzniká exoftalmus. Hladina TSH v plasmě je snižena. Hyperfunkci štítné žlázy vyvolává cirkulující gamaglobulin – LATS, který působí podobně jako TSH, stimuluje produkci  $T_3$  a  $T_4$  (Boďa, Surynek, 1990).

Při toxickém adenómu dochází k neregulované nadprodukci  $T_4$  a  $T_3$  postiženou oblastí štítné žlázy (Boďa, Surynek, 1990).

Zvýšená činnost štítné žlázy se projeví vyšší hladinou jejích hormonů, zvýšením metabolismu, tachykardií, nervozitou, nadměrnou tvorbou tepla a charakteristickým výrazem v obličeji (vystouplé oči – exoftalmus) (Trojan, Schreiber, 2007). Zvýšeným průtokem krve se organismus zbavuje nadbytečného tepla pocením, kůže je teplá a vlhká. Zvyšuje se resorpce glukózy. Následkem zvýšení metabolismu se objevuje hubnutí a slabost (Boďa, Surynek, 1990). Podání tyroxinu zvyšuje srdeční frekvenci až o 20%, zesiluje kontrakce srdce, zvyšuje minutový objem a rozšiřuje periferní krevní řečiště (Sova, 1990).

U ovcí se hypertyreózy vyskytují zřídka (Boďa, Surynek, 1990), u psů a koček jsou však klinické příznaky časté (Reece, 1998).

### 2.5.3 Antityreoidní sloučeniny

Podle Bodi a Surynka (1990) krom nedostatečného přívodu jódu krmivem můžou mít na vznik strumy vliv i látky různého chemického složení, které se označují jako strumigeny.

Reece (1998) uvádí, že jde o přírodní substance, které způsobují strumu inhibicí tyreoidních funkcí. Tyroxin není produkován v dostatečném množství, protože je funkce štítné žlázy omezena, a pokračuje sekrece TSH, což má za následek akumulaci tyreoglobulinu. Jeden takový strumigen je produkován v zažívacím traktu po resorpci látek, obsažených v křížatých rostlinách (např. zelí, vodnice, tuřín). Podle Herziga a Suchého (1996) může dojít k relativnímu nedostatku jódu při krmení velkými dávkami strumigenních krmiv, např. kapusty, hořčice, řepky a luštěnin, obsahujících thiokyanáty. Thiokyanát omezuje vychytávání jódu štítnou žlázou (Reece, 1998). Také glukosinoláty v řepkových pokrutinách vyvolávají vedle snížené chutnosti hypothyreózu (Herzig a Suchý, 1996).

Podle Herziga a Suchého (1996) může suplementace jódem zmírnit antityreoidní působení glukosinolátů, ale jen jejich nízká koncentrace v krmivu nenaruší funkci štítné žlázy.

Bod'a a Surynek (1990) dělí strumigeny dle mechanismu účinku na:

**Strumigeny I. řádu:** chloristany, chlorečnany, jodistany, jodičnany, disičnany a thiokyanáty (kapusta, květák), které inhibují zachytávání jódu ve štítné žláze a uvolňují ze štítné žlázy jód, který není organicky vázaný

**Strumigeny II. řádu:** zejména deriváty tiazolů thiouracilu, thiomocoviny a deriváty thiazolů. Inhibují inkorporaci jódu do molekul tyrozinu nebo tyroxinu.

Z kontaminujících látek působí strumigenně zejména polychlorované bifenyly, insekticidy (DDT), pesticidy a v neposlední řadě též PVC (Farmář, 1998).

Antityreoidní sloučeniny jsou používány pro léčení hypertyreoidismu. K těmto sloučeninám patří thiourea, thiouracil, sulfonamidy a chlorpromazin (Reece, 1998).

### 3. CÍLE PRÁCE

Cílem této práce bylo sledování postnatálních koncentrací hormonů štítné žlázy u jehňat od narození do 60. dne jejich věku, konkrétně trijódtyroninu (TT<sub>3</sub>), tyroxinu (TT<sub>4</sub>) i jejich volných forem FT<sub>3</sub> a FT<sub>4</sub> při nadměrné suplementaci zvířat jódem. Výzkum byl zaměřen na ontogenetický vývoj stavu hormonů při různě vysokém příjmu jódu a porovnání jejich koncentrace u bahniček a beránek za účelem zjištění vlivu pohlaví na tvorbu thyroïdních hormonů krátce po narození. Výsledky měly prokázat, zda-li má u jehňat až šestnáctinásobný příjem jódu než je doporučená dávka vliv na vývoj hladiny trijódtyroninu nebo tyroxinu, jejichž je tento prvek nedílnou součástí. Zároveň si práce klade za cíl dokázat, že tvorba hormonů a jejich koncentrace v raném věku nesouvisí s pohlavím jehněte, ale že je závislá předně na množství jódu přijímaném potravou a mateřským mlékem.

### 4. MATERIÁL A METODY

#### **Pokusná zvířata a ustájení**

Postnatální změny obsahu hormonů štítné žlázy v krevním séru jehňat byly sledovány celkem u 26 jehňat plemene šumavská ovce. Jehňata pocházela od 25 bahnic ze dvou pokusů s odlišným obsahem jodu, případně selenu v krmné dávce (KD) bahnic. Složení krmné dávky bahnic bylo v obou pokusech obdobné, rozdíl byl pouze v obsahu jodu nebo selenu v minerální krmné směsi. Krmná dávka bahnic na kus a den byla složena z 1500 g lučního sena, 310 g jadrného krmiv (240 g ovesného šrotu a 270 g vojtěškové moučky) a 6 g minerální krmné směsi, která byla součástí jadrného krmiva. Voda byla přístupná ad libitum. Pro přehlednost byla jehňata prvního pokusu označena jako skupina A a jehňata z druhého jako skupina B.

Do skupiny A bylo zapojeno 11 jehňat (6 beránek a 5 jehniček) narozených 10 bahnicím, které přijímaly od 2. měsíce březosti v minerální krmné přísadě 4,8 až 8,0 mg jódu, v přepočtu na 1 kg sušiny KD 3-5 mg jodu. Jód byl v minerální krmné přísadě podáván ve formě jodičnanu vápenatého. Jehňata přijímala mateřské mléko, volný přístup měla k objemnému krmivu (senu) a k příkrmu se stejným obsahem

jodu jako v krmné směsi jejich matek. Selen nebyl doplňován, jeho obsah v KD byl 0,2 mg na 1 kg sušiny KD.

Do skupiny B bylo zařazeno 15 jehňat (8 beránků, 7 jehniček), které se narodili 15 bahnicím. Krmná dávka, která byla bahnicím podávána v období laktace, obsahovala 0,7-1,3 mg jodu a 0,2-0,4 mg selenu na 1 kg sušiny KD. Výživa jehňat byla obdobná jako v prvním pokusu. Dieta byla bahnicím podávána od 3. do 80. dne laktace, tedy do 80. dne věku jehňat. Minerální přísada obsahovala jód a selen ve formě vázané na řasu Chlorella.

Tabulka č. 3.: Průměrné složení krmné dávky bahnic

Období	Před pokusem			Pokusné období				
	A, B			A, B	A		B	
Složky KD	Suš. (kg)	I (mg)	Se (mg)	Suš. (kg)	I (mg)	Se (mg)	I (mg)	Se (mg)
<b>Objemné a jadrné krmivo</b>	1,3	0,2	0,1	1,6	0,2	0,1	0,2	0,1
<b>Minerální směs</b>				0,009	4,8-8,0	0,3	1,0- 1,9	0,2-0,5
<b>Celkový obsah</b>		0,2	0,1		5,1-8,3	0,4	1,2- 2,1	0,3-0,6
<b>Obsah v mg·kg<sup>-1</sup> sušiny</b>		0,15	0,08		3,0-5,0	0,2	0,7-1,3	0,2-0,4

Oba pokusy probíhaly v experimentální stáji Školního zemědělském podniku Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Experimentální stáj je akreditované pracoviště pro pokusné účely Zvířata byla ustájena ve skupinových kotcích s přístupem do výběhu.

## **Odběr a analýza vzorků**

Krevní vzorky pro získání krevního séra byly jehňatům odebrány v den narození a dále 3., 10., 30., 60. a 80. den jejich věku z *vena jugularis*. Vzorky byly uchovány v mrazáku při teplotě  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  do doby analýzy. Obsah thyroidních hormonů, volného trijodtyroninu ( $\text{fT}_3$ ), vázaného trijodtyroninu ( $\text{TT}_3$ ), volného tyroxinu ( $\text{fT}_4$ ) a vázaného tyroxinu ( $\text{TT}_4$ ) byl z krevní plazmy stanoven metodou radioimunoanalýzy – FT4 RIA KIT, FT3 RIA KIT, TOTAL T3 RIA KIT a TOTAL T4 RIA KIT od firmy Immunotech. Principem metody je kompetitivní stanovení. Neznáme vzorky a kalibrátory se inkubují s radioindikátorem ve zkumavkách potažených protilátkou. Po inkubaci se obsah zkumavek odsaje a navázaná aktivita se změří gama-čítačem. Sestrojí se kalibrační křivka a z ní se odečtou koncentrace hormonu v neznámých vzorcích. Analýza byla prováděna v imunologické laboratoři katedry veterinárních disciplín a kvality produktů JČU v Českých Budějovicích.

Během experimentů nebyly ani u ovcí ani u jehňat pozorovány žádné infekční nemoci nebo metabolické poruchy.

## **Zpracování a statistické zhodnocení dat**

Ke zpracování výsledků těchto experimentů bylo použito programu MS Office Excel.

## **Chlorella**

Název chlorella je odvozen z řeckého slova "chloros", což znamená zelený a latinského "ella" = malá. Jde o sladkovodní zelenou jednobuněčnou řasu s vysokým obsahem chlorofylu a antibakteriálními účinky. Řasa obsahuje vitamíny a minerály, vitamín A, H, D, C a vitamíny skupiny B, z minerálů železo, zinek, fosfor a hořčík. Vypěstovanou řasu lze použít jako potravinový doplněk pro lidi i hospodářská zvířata i pro přísun nutných živin. Řasy mají celulózní buněčné stěny, které mohou způsobovat trávicí potíže, u přežvýkavců schopných trávit celulózu je výhodou možnost používat řasu jako krmiva v přirozeném stavu. Chlorella nenarušuje střevní mikroflóru.

## 5. VÝSLEDKY A DISKUSE

Obsah hormonů štítné žlázy v krevním séru jehňat a jejich dynamika od narození (od 1. dne věku) až do 60. dne věku byly sledovány u jehniček a beránek ze dvou pokusů s definovaným příjmem jodu a selenu. Ve skupině A dosahoval obsah jodu v krmné dávce matek uvedených jehňat 3,1-5,1 mg jodu na kg sušiny krmné dávky (KD) a ve skupině B 0,7-1,3 mg na kg sušiny KD. U obou skupin se jedná o hodnoty převyšující doporučený obsah jodu v krmné dávce pro ovce. Sommer a kol. (1994) uvádí pro ovce jako doporučený obsah 0,3-0,5 mg·kg<sup>-1</sup> sušiny. Ve skupině A byl obsah jodu 10 až 16krát, ve skupině B 2 až 4krát vyšší. Vyšší příjem jodu se projevil také jeho zvýšeným výdejem močí a mlékem a vyšším obsahem jodu v krevní plazmě bahnic i jehňat, jak již bylo publikováno (Trávníček a kol., 2010; Trávníček, 2012).

V tabulkách a grafech jsou vedeny celkové koncentrace hormonů štítné žlázy tyroxinu (TT<sub>4</sub>) a trijódtyroninu (TT<sub>3</sub>) a volné formy uvedených hormonů (FT<sub>3</sub> a FT<sub>4</sub>). Funkční význam volných forem spočívá v jejich schopnosti vstoupit do buňky a vyvolat odpovídající biologické účinky (Kretze a kol., 1993). Volných forem je velmi málo, FT<sub>4</sub> asi 0,03 % a FT<sub>3</sub> 0,3 % (Cunningham a Klein, 2007). Většina hormonů je vázána na transportní bílkoviny krevní plazmy TBG nebo TTR.

### 5.1. Postnatální změny v koncentraci hormonů štítné žlázy od 1. do 60. dne věku jehňat

Význam hormonů štítné žlázy spočívá nejen v ovlivnění vývoje CNS v prenatálním období, ale i ve stimulaci termogeneze a v adaptaci bezprostředně po narození (Jelínek, Koudela a kol, 2033). Pro všechny sledované formy hormonů je charakteristická nejvyšší koncentrace v den narození a následný pokles až do ukončení pokusů (do 60. dne). V případě TT<sub>4</sub> byl v den narození (1. den věku jehňat) jeho průměrný obsah u beránek skupiny A 144,22±29,96, sk. B 118,83±53,92 nmol·l<sup>-1</sup>, u jehniček sk. A 135,7±34,72 a sk. B 160,6±29,61 nmol·l<sup>-1</sup>.

Na konci pokusu byl průměrný obsah TT<sub>4</sub> u beránek sk. A 93,78±20,05, sk. B 95,88±22,20, u jehniček sk. A 92,4±28,94 a sk. B 100,1±14,47 nmol·l<sup>-1</sup>. Uvedený ontogenetický pokles představoval u beránek sk. A 32 %, sk. B 19 % a u jehniček sk. A 31 % a sk. B 38 %. Pokles v rozmezí 32,4 až 40 % byl zaznamenán u volné

frakce tyroxinu ( $FT_4$ ). Výraznější ontogenetické změny se projevily v koncentraci celkového i volného trijódtyroninu. V případě  $TT_3$  byl pokles 40,8 % až 63,2 % a u volné formy  $FT_3$  59 % až 79,4 %. Vzhledem k tomu, že hormony štítné žlázy zasahují do řízení termoregulace, energetického i látkového metabolismu, uvedené ontogenetické změny souvisí s postupnou adaptací jehňat od narození do 60. dne věku. Nezbytnost dostatečné koncentrace  $T_3$  a  $T_4$  v krvi novorozenců v souvislosti i s dokončováním vývoje mozku uvádí Trojan a kol. (2003). Pod vlivem hormonů štítné žlázy se zvyšuje nejen metabolismus v tkáních, ale i spotřeba kyslíku. Mozek je tak chráněn před jeho nedostatkem. Výrazný ontogenetický pokles trijódtyroninu ( $TT_3$  a  $FT_3$ ) lze vysvětlit ve srovnání s tyroxinem jeho vyšší metabolickou účinností (Cunningham a Klein, 2007), uplatňující se významně v časném období po narození. Nižší pokles obsahu  $TT_4$  odráží jeho funkci zásobního hormonu (Cunningham a Klein, 2007).

Z tabulek č. 4 a 5 a grafů č. 1, 2, 3 a 4 je zřetelná detailní dynamika obsahu hormonů v krevní plazmě u beránků a jehniček z obou pokusů. V případě celkového obsahu tyroxinu ( $TT_4$ ) je zřetelný u všech skupin výrazný pokles od narození do 10. dne věku, a následující mírný vzestup (30. den) a potom opětovný pokles. Podobný průběh vykazuje dynamika celkového obsahu trijódtyroninu ( $TT_3$ ). Nejmenší změny, nejnižší pokles, v obsahu hormon  $TT_3$  byl mezi 10. a 30. dnem věku. Obdobný vývoj v obsahu volných forem hormonů ( $FT_4$  a  $FT_3$ ), jako jejich celkových koncentrací ( $TT_4$  a  $TT_3$ ) je patrný z grafů. V případě  $FT_3$ , na rozdíl od ostatních sledovaných hormonů a jejich frakcí, nedošlo mezi 10. a 30. dnem k zmírnění poklesu (graf č. 4). V případě hormonů  $TT_3$  a  $FT_3$  byly významné poklesy obsahu i mezi 30. a 60. dnem věku: u  $TT_3$  skupiny A 38 a 33 %, skupiny B 23 a 32 %, u  $FT_3$  skupiny A 38,5 a 36,2 % a u skupiny B 30 a 23 %.



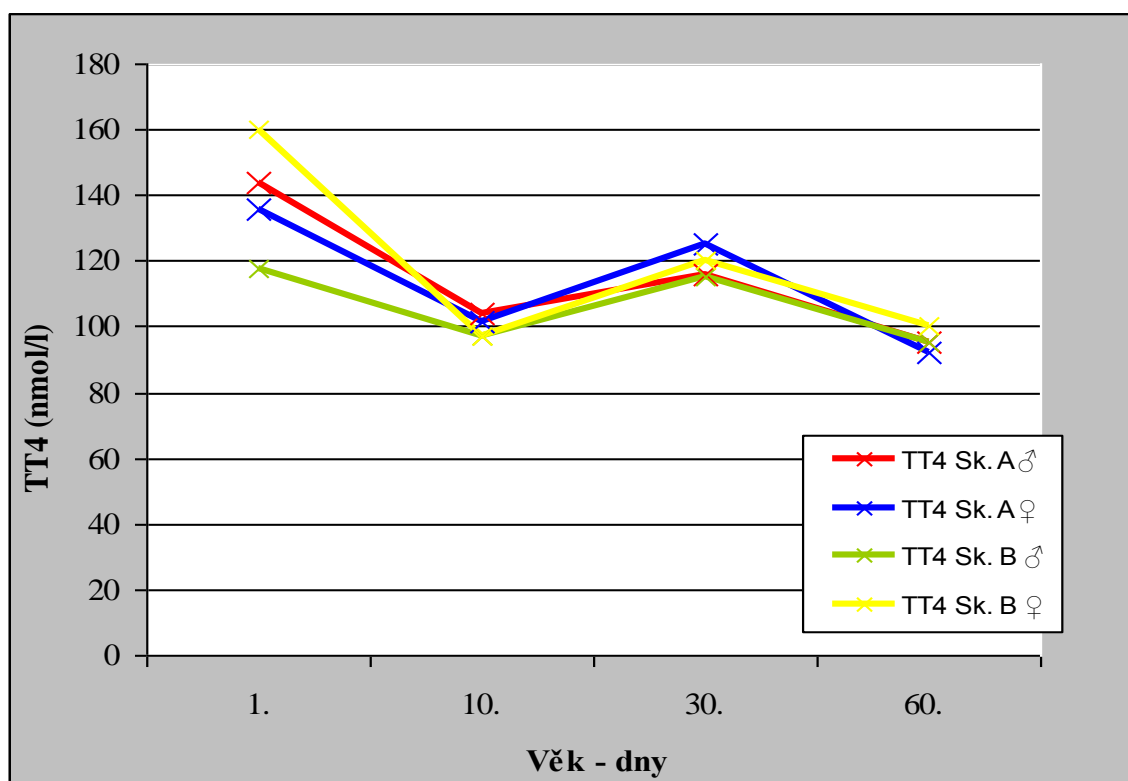
Tabulka č. 4: Obsah hormonů štítné žlázy v krevním séru jehňat skupiny A

Období odběru	Pohlaví jehňat	FT3 (pmol/l)	FT4 (pmol/l)	TT3 (nmol/l)	TT4 (nmol/l)
1. den	♂	14,23	31,28	5,05	144,22
	♀	18,09	27,75	5,03	135,70
10. den	♂	10,32	22,42	4,09	104,68
	♀	10,33	14,61	3,99	101,47
30.den	♂	8,36	20,13	3,85	116,75
	♀	7,49	19,83	3,80	125,48
60. den	♂	5,84	19,07	2,97	93,78
	♀	5,77	18,75	2,58	92,4
<b>̄</b>		9,43	22,20	3,90	109,11
<b>s</b>		4,04	7,65	1,45	33,24
<b>Min.</b>		4,53	2,43	1,20	38,60
<b>Med.</b>		8,40	20,90	3,60	108,50
<b>Max.</b>		22,88	47,40	8,21	188,30

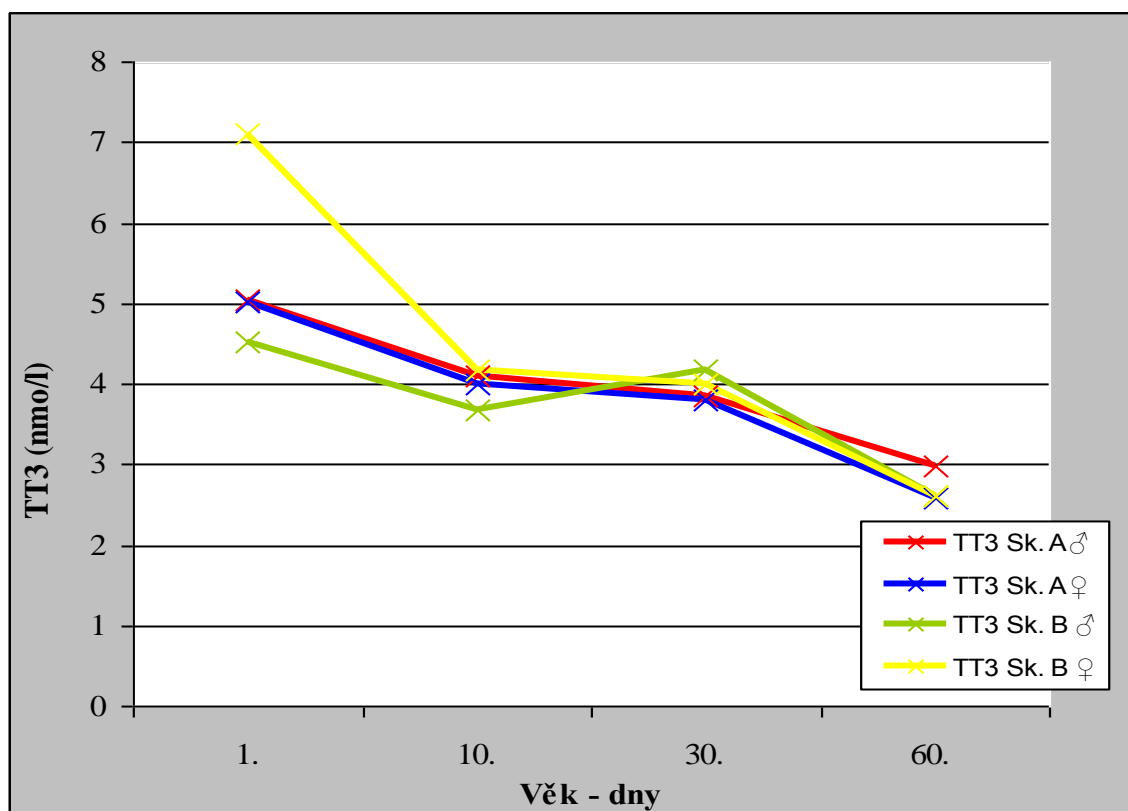
Tabulka č. 5: Obsah hormonů štítné žlázy v krevním séru jehňat skupiny B

Období odběru	Pohlaví jehňat	FT3 (pmol/l)	FT4 (pmol/l)	TT3 (nmol/l)	TT4 (nmol/l)
1. den	♂	11,94	25,62	4,52	118,83
	♀	29,30	29,95	7,11	160,62
10. den	♂	10,62	20,68	3,68	97,40
	♀	11,53	23,55	4,18	97,95
30.den	♂	8,25	23,00	4,18	115,34
	♀	8,99	22,10	4,01	120,30
60. den	♂	5,08	17,33	2,59	95,88
	♀	5,74	17,99	2,62	100,13
<b>̄</b>		9,54	21,60	3,72	105,67
<b>s</b>		7,09	6,55	1,67	30,11
<b>Min.</b>		3,76	13,10	1,64	50,40
<b>Med.</b>		6,14	19,95	3,17	100,90
<b>Max.</b>		37,13	46,60	8,78	197,90

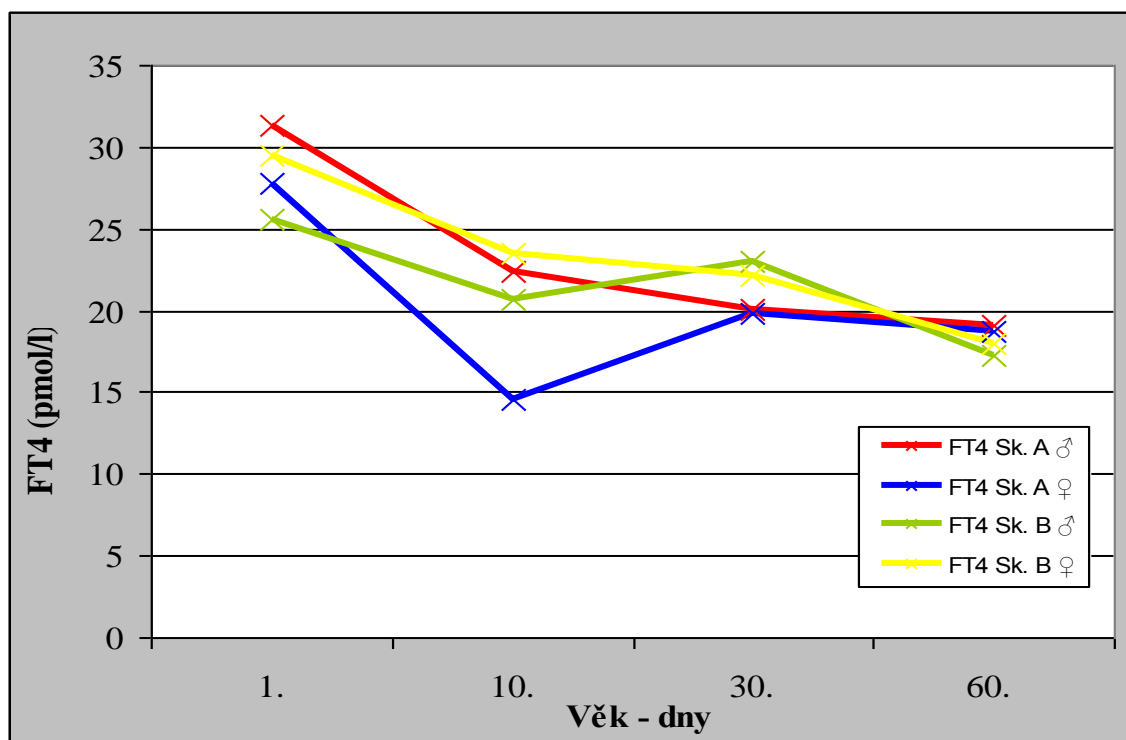
Graf č. 1: Dynamika TT<sub>4</sub> v krevní plazmě jehňat



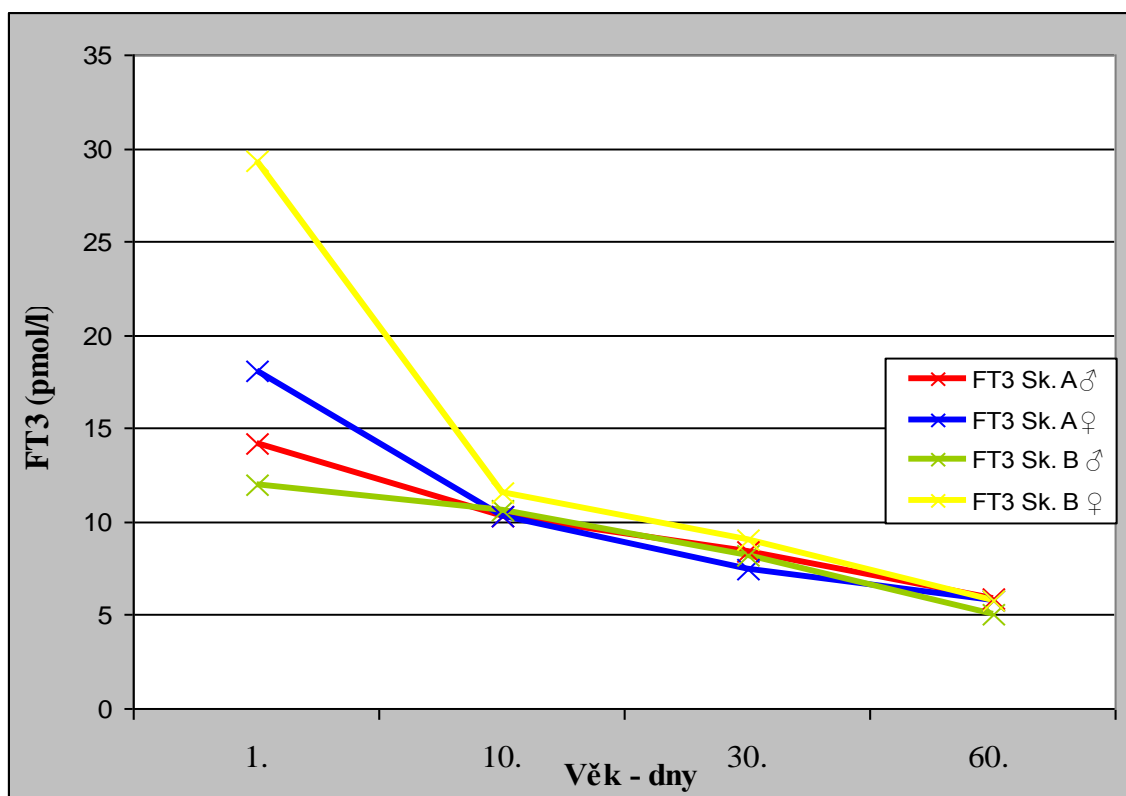
Graf č. 2: Dynamika TT<sub>3</sub> v krevní plazmě jehňat



Graf č. 3: Dynamika FT<sub>4</sub> v krevní plazmě jehňat



Graf č. 4: Dynamika FT<sub>3</sub> v krevní plazmě jehňat



V tabulce č. 6 je uvedena statistická významnost rozdílů průměrných koncentrací hormonů mezi 1. a 60. dnem věku jehňat. Statistická významnost na úrovni  $P < 0,05$  byla zjištěna u všech skupin zvířat mezi rozdíly koncentrací volného trijódtyroninu. Co se týče jeho vázané frakce, není rozdíl statisticky významný pouze u beránek skupiny A. Statistická významnost rozdílů hladin hormonu  $TT_4$  mezi 1. a 60. dnem byla zjištěna u jehniček i beránek skupiny A i jehniček skupiny B. U jehniček sk. B byl rozdíl průměrné koncentrace statisticky významný u všech sledovaných hormonů.

Tabulka č. 6: Hodnoty statistické významnosti rozdílů obsahu hormonů mezi 1. a 60. dnem věku

Skupina	$TT_4$	$TT_3$	$FT_4$	$FT_3$
Sk. A ♂	$P < 0,05$	nevýznamné	$P < 0,05$	$P < 0,05$
Sk. A ♀	$P < 0,05$	$P < 0,05$	nevýznamné	$P < 0,05$
Sk. B ♂	nevýznamné	$P < 0,05$	nevýznamné	$P < 0,05$
Sk. B ♀	$P < 0,05$	$P < 0,05$	$P < 0,05$	$P < 0,05$

## 5.2. Úroveň hormonů štítné žlázy od 1. do 60. dne věku jehňat

Průměrný obsah hormonů štítné žlázy v krevní plazmě je u ovcí uváděn ve značném rozpětí. Celkový obsah tyroxinu ( $TT_4$ ) v krevní plazmě ovcí je podle Cunninghama a Kleina (2007)  $67,84 \pm 17,38$  nmol/l (45,38-94,61) a například podle Nazifi a kol. (2008)  $91,60 \pm 2,95$  nmol/l. Množství celkového trijódtyroninu ( $TT_3$ ) je podle Cunninghama a Kleina (2007)  $1,53 \pm 0,42$  nmol/l (0,97-2,30) a podle Nazifi a kol. (2008)  $2,58 \pm 0,09$  nmol/l). Badiei a kol. (2010) a Nazifi a kol. (2008) uvádějí pro  $FT_4$  hodnoty od 19,53 do 32,0 pmol/l a pro  $FT_3$  od 4,46 do 6,75 pmol/l.

Ve srovnání s uvedenými referenčními hodnotami byly průměrné hodnoty  $TT_4$  u jehňat skupiny A vyšší, 1. den po narození o 53 %, 60. den věku se přiblížily referenční hodnotě. U sk. B převyšoval obsah  $TT_4$  po narození referenční hodnoty

o 44 %, na horní mez hodnot uváděných Cunninghamem a Kleinem (2007) dosáhly až 60. den věku.

Normálního rozmezí hodnot, tak jak uvádějí Cunningham a Klein (2007), Nazifi a kol. (2008) nebo Badiei a kol. (2010) dosáhly i průměrné koncentrace TT<sub>3</sub> a FT<sub>3</sub> až 60. den věku bez ohledu na pohlaví jehňat. V případě TT<sub>4</sub> uvedené platí pro skupinu B, u jehniček skupiny A byly hodnoty TT<sub>4</sub> i v 60ti dnech o 5 nmol (5,8%) vyšší.

Průměrná hladina TT<sub>3</sub> byla u obou skupin zhruba o 50% vyšší, než uvádějí Nazifi a kol. (2008) nebo Badiei a kol. (2010), nejvyšší byla u jehniček sk. B první den věku, kdy její hladina mírně přesáhla 7 nmol/l.

Koncentrace FT<sub>4</sub> odpovídala rozmezí, které uvádějí Nazifi a kol. (2008) nebo Badiei a kol. (2010) v průběhu celého pokusu, pouze 10. den pokusu byl u jehniček sk. A zaznamenán pokles na 14,61 pmol/l, což je o 5 pmol/l méně, než dolní hranice průměrných koncentrací uváděná autory.

Pro FT<sub>3</sub> uvádějí Nazifi a kol. (2008) a Badiei a kol. (2010) průměrnou koncentraci od 4,46 do 6,75 pmol/l. Těchto hodnot dosáhly koncentrace hormonu v průběhu pokusu u jehniček i beránek obou skupin až 60. den věku. Nejvyšší hladina FT<sub>3</sub> – 29,30 pmol/l byla zaznamenána hned po narození u jehniček sk. B. U ostatních skupin se 1. den věku pohybovala od 11,94 do 18,09 pmol/l a s přibývajícím věkem postupně klesala.

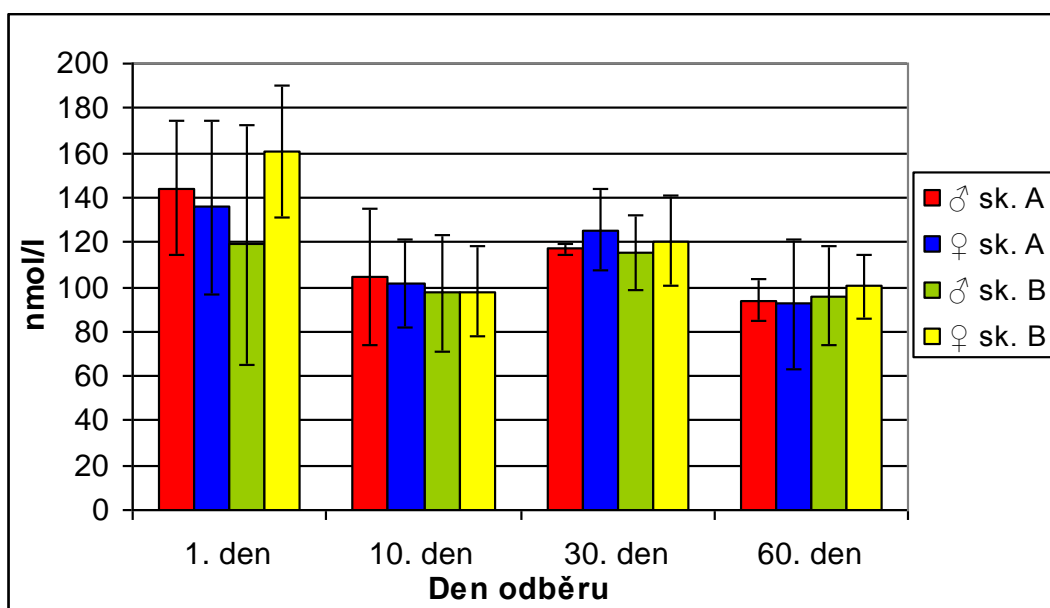
### **5.3. Vliv rozdílného příjmu jodu na obsah hormonů štítné žlázy jehňat**

Vliv rozdílného příjmu jodu u bahnic v průběhu jejich březosti se neprojevil jednoznačně. Při srovnání obou skupin byl vyšší obsah hormonů u beránek sk. A a naopak u jehniček sk. B. Na konci pokusu byl u beránek i jehniček vyšší obsah TT<sub>4</sub> u sk. B (o 2,2 -7,8 %), ostatní hormony měly vyšší koncentraci u jehniček i beránek sk. A (od 0,5 do 14,9 %). Skupina A, která byla suplementována větším množstvím jódu sice vykazovala průměrné i střední hodnoty TT<sub>4</sub>, TT<sub>3</sub> i FT<sub>4</sub> mírně vyšší, maximálních hodnot však dosahovala jehňata sk. B, a to u TT<sub>4</sub>, TT<sub>3</sub> i FT<sub>3</sub>.

## 5.4. Vliv pohlaví jehňat na obsah hormonů štítné žlázy v krevní plazmě

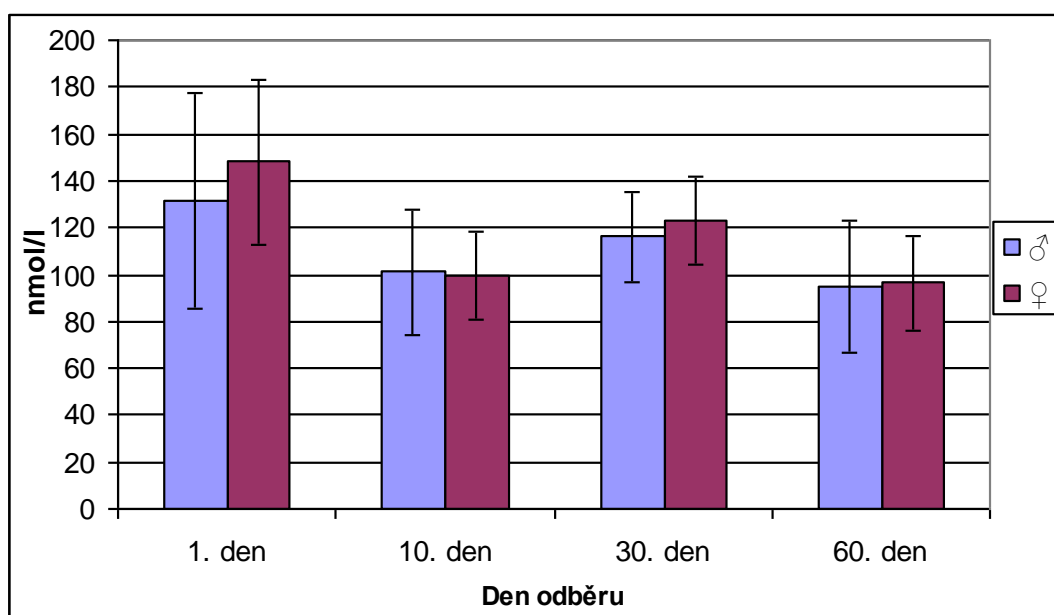
Vliv pohlaví se projevil krátce po porodu, kdy byly u obou forem hormonů  $T_3$  a  $T_4$  zaznamenány vyšší průměrné koncentrace u jehniček než u beránků. S postupujícím věkem jehňat (do 10. dne) se rozdíly vyrovnaly, jak ukazují grafy č. 5 až 12.

Graf č. 5: Průměrná koncentrace  $TT_4$  u skupin A a B podle pohlaví



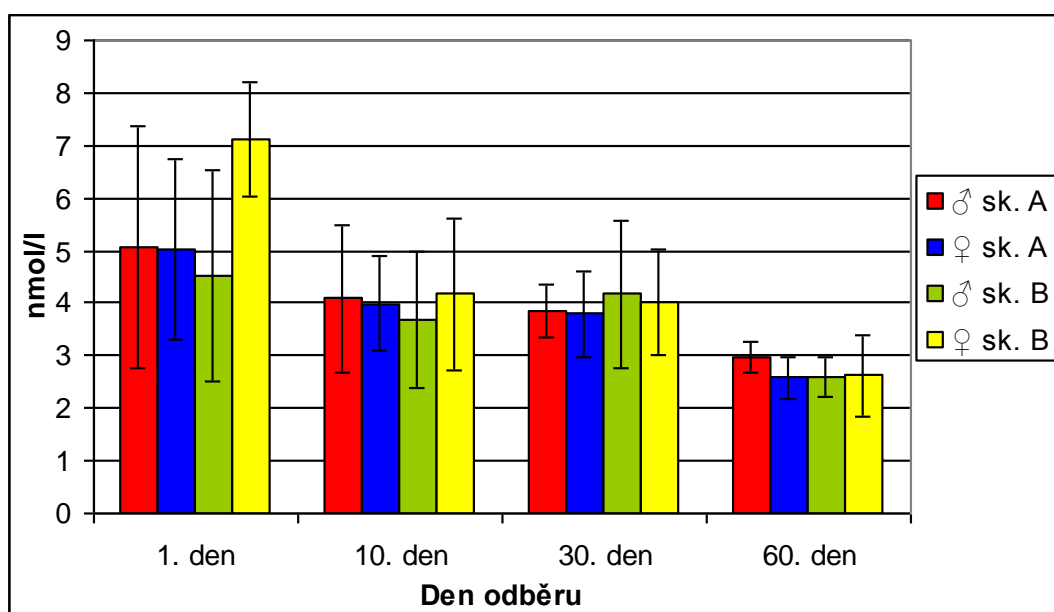
Hladina  $TT_4$  byla vyšší u beránků skupiny A, u jehniček skupiny B byla vyšší na počátku (o 18 %) a na konci pokusu (o 8 %). S přibývajícím věkem jehňat koncentrace hormonu u obou pohlaví klesala, okolo 30. dne mírně stoupla a potom zase klesla na úroveň koncentrace 10. den.

Graf č. 6: Průměrná koncentrace TT<sub>4</sub> podle pohlaví



Z grafu č. 6 vyplývá, že hladina hormonů se s věkem mění bez ohledu na pohlaví. Ihned po narození dosahuje koncentrace hormonu u jehniček vyšších hodnot, a to o 13 %. S věkem hladina klesá a 60. den pokusu už je u jehniček vyšší pouze o 1 %.

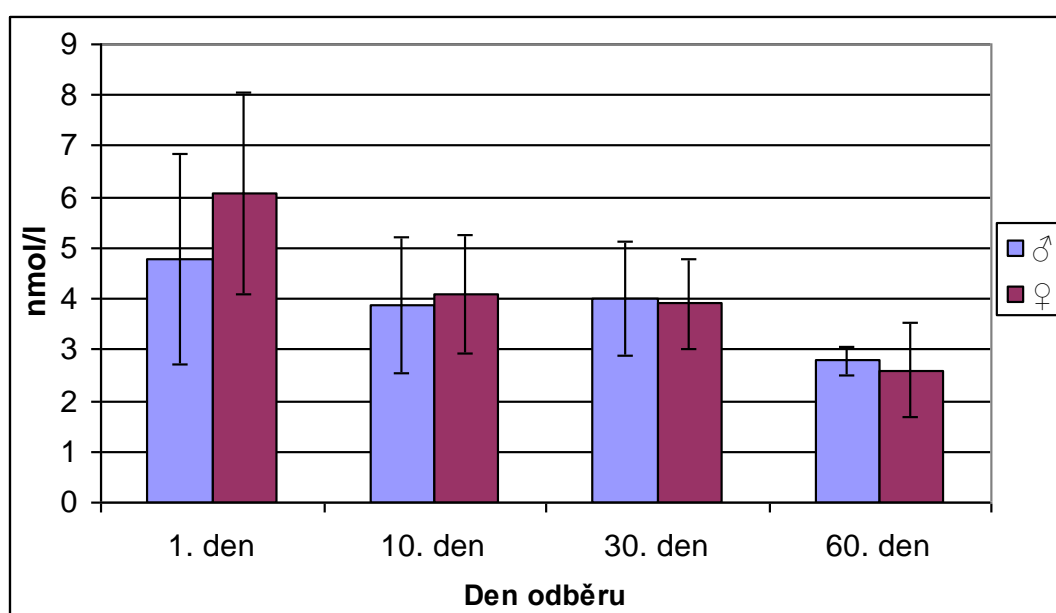
Graf č. 7: Průměrná koncentrace TT<sub>3</sub> u skupin A a B podle pohlaví



Graf č. 7 ukazuje, že koncentrace vázaného trijódtyroninu se po celou dobu pokusu pohybovaly na vyšších hodnotách u jehniček sk. B, tzn. skupiny s nižší suplementací jódem a naopak u beránek sk. A. Zvláště ihned po narození lze pozorovat větší rozdíl hladiny  $TT_3$  u jehniček skupiny A a B – 40 %.

Vyšší suplementace skupiny B selenem se neodráží do množství  $TT_3$  v krevní plazmě jehňat, přestože tento prvek je podle Jelínka a Koudely (2003) součástí dejodáz, které umožňují přeměnu tyroxinu v trijódtyronin.

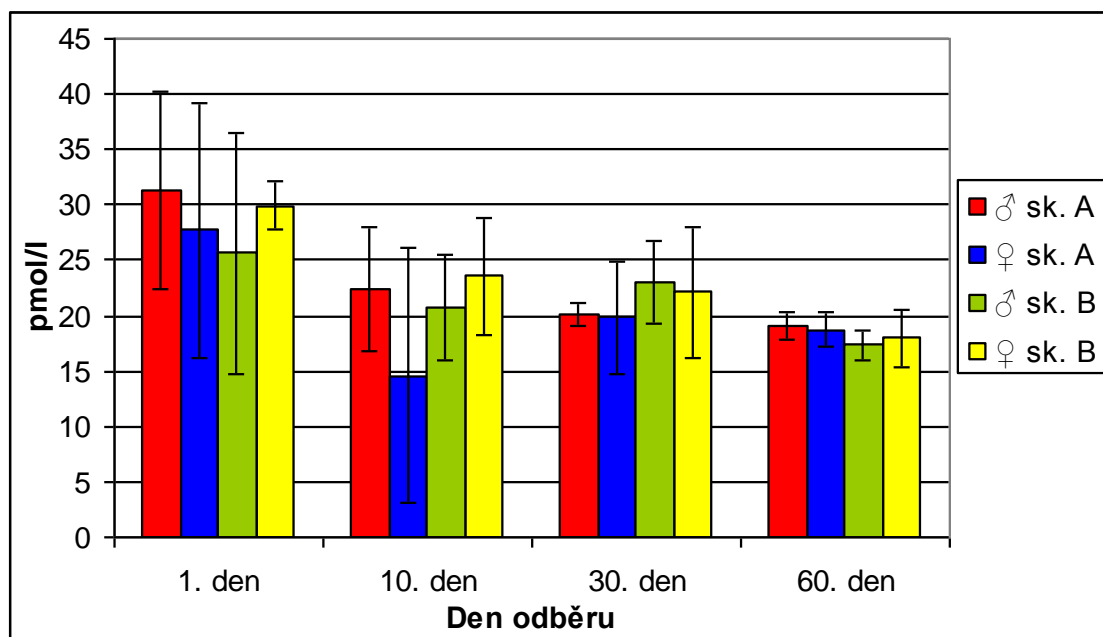
Graf č. 8: Průměrná koncentrace  $TT_3$  podle pohlaví



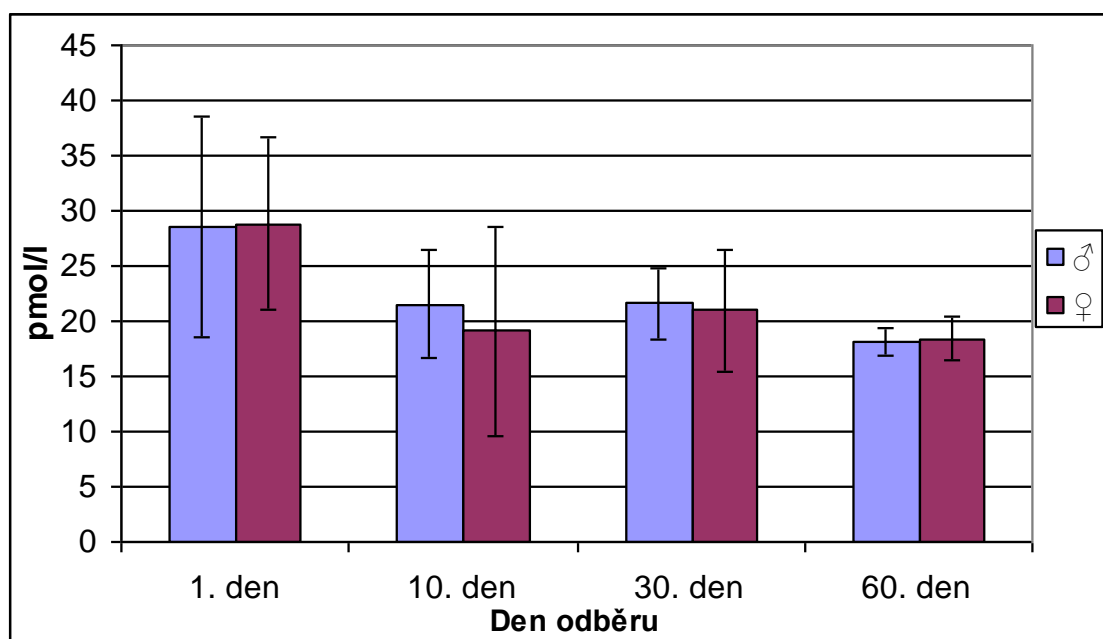
Z grafu č. 8 je patrné, že koncentrace  $TT_3$  je u jehniček po narození vyšší než u beránek, první den až o 26 %. Hladiny se vyrovnávají při dosažení věku jednoho měsíce a potom obsah hormonu v krevní plazmě beránek mírně převyšuje obsah hormonu v plazmě jehniček (o 7 %).



Graf č. 9: Průměrná koncentrace FT<sub>4</sub> u skupin A a B podle pohlaví



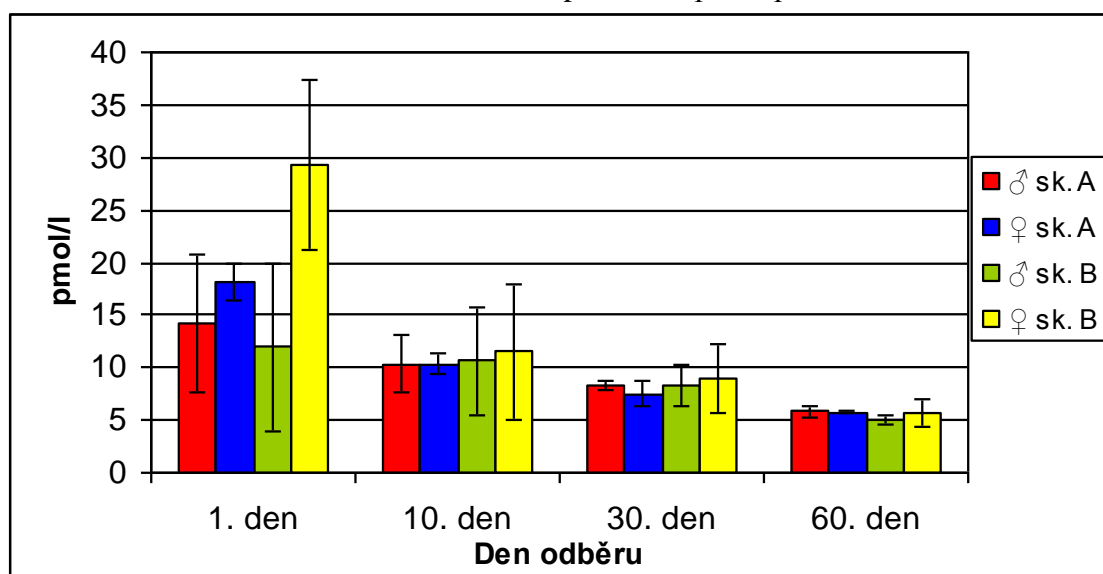
Graf č. 10: Průměrná koncentrace FT<sub>4</sub> podle pohlaví



U skupiny A i B má hladina volného tyroxinu také klesající tendenci (viz. graf č. 9). Obsah FT<sub>4</sub> v krevní plazmě beránků skupiny A, které bylo dodáváno více jódu dosahuje průměrně vyšších hodnot, než u beránků sk. B. Jehničky skupiny A však vykazují nižší koncentraci hormonu. Hladina se u jehniček obou skupin přibližuje až v 60. dnu věku. V tomto období beránci skupiny A pořád vykazují o 10 % vyšší obsah FT<sub>4</sub> v krvi, než beránci skupiny B.

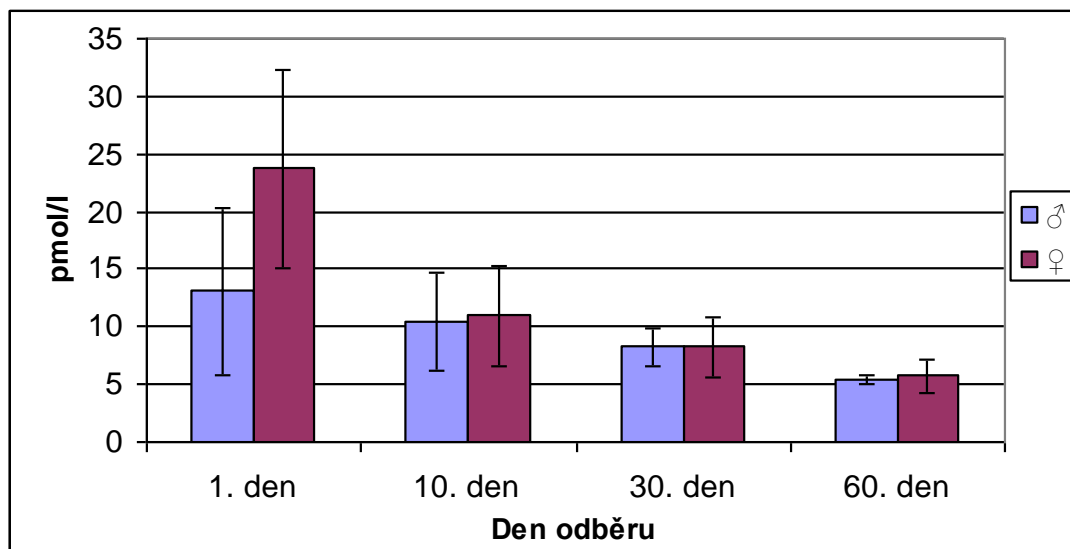
Zatímco u všech ostatních sledovaných hormonů byla na počátku pokusu vyšší hladina u jehniček a celkově větší variabilita mezi beránky a jehničkami co se týče obsahu hormonu v krevní plazmě, u volného tyroxinu lze pozorovat podobné koncentrace u jedinců obou pohlaví od prvního dne až do ukončení pokusu. Nejvyšší rozdíl o 2,5 pmol/l vykazují beránci okolo 10. dne věku. Množství hormonu v plazmě po celou dobu experimentu koresponduje s průměrnou hladinou 19,53 až 32,0 pmol/l, kterou uvádějí Nazifi a kol. (2008) a Badieli a kol. (2010).

Graf č. 11: Průměrná koncentrace FT<sub>3</sub> u skupin A a B podle pohlaví



Jak už bylo uvedeno, nejvyšší koncentrace volné frakce trijódtyroninu v krevní plazmě byla naměřena u jehniček sk. B první den po porodu - 29,30 pmol/l. Tato hodnota značně převyšuje 6,75 pmol/l, což je podle Nazifiho a kol. (2008) a Badieliho a kol. (2010) horní hranice pro průměrnou koncentraci FT<sub>3</sub>. Do desátého dne koncentrace prudce poklesla u jehniček obou skupin, ale stále zůstává o 12 % vyšší u jehniček sk. B. Naopak beránci ze skupiny B vykazují mírně vyšší koncentraci pouze 10. den, jinak je hladina FT<sub>3</sub> vyšší u beránek sk. A.

Graf č. 12: Průměrná koncentrace FT<sub>3</sub> podle pohlaví



Po celou dobu pokusu je patrná vyšší koncentrace volného trijódtyroninu u jehniček, pouze 30. den jsou hladiny na stejné úrovni. Výrazný rozdíl je vidět první den po narození, kdy obsah FT<sub>3</sub> v krevní plazmě jehniček převyšuje obsah hormonu u beránků o 81 %.

## 6. ZÁVĚR

Výsledky práce prokazují, že pro všechny sledované formy hormonů je charakteristická nejvyšší koncentrace ihned po narození a její následný pokles až do ukončení pokusů (do 60. dne). Vliv pohlaví se projevil pouze krátce po porodu, kdy byly u obou forem hormonů  $T_3$  a  $T_4$  zaznamenány vyšší průměrné koncentrace u jehniček než u beránek. S přibývajícím věkem jehňat se rozdíly vyrovnaly.

Přestože průměrný obsah thyroïdních hormonů v krevní plazmě je u ovcí uváděn velmi variabilně, všechny hormony mimo FT<sub>4</sub> dosáhly těchto referenčních hodnot až na konci pokusu, okolo 60. dne věku. Hladina volná frakce tyroxinu odpovídala udávaným hodnotám Nazifiho a kol. (2008) a Badiieho a kol. (2010) po celou dobu měření.

Zvýšená suplementace jódem se prokazatelně neprojevila v odpovídající zvýšené hladině sledovaných hormonů. Na počátku pokusu byly vyšší koncentrace TT<sub>3</sub> a TT<sub>4</sub> pouze u beránek sk. A, 60. den byla hladina TT<sub>4</sub> vyšší u obou pohlaví sk. B, která byla dotována jódem méně a obsah TT<sub>3</sub> v plazmě byl vyšší u beránek skupiny A a jehniček skupiny B. Vliv zvýšeného příjmu selenu u skupiny B, který se uplatňuje jako součást enzymů při dejodaci tyroxinu v trijodtyronin se sice projevil vyšší koncentrací TT<sub>3</sub> resp. FT<sub>3</sub> ale pouze u jehniček.

Fyziologická funkce štítné žlázy závisí na množství jódu přijatém v krmivu, který je jedním ze základních kamenů hormonů štítné žlázy. Při nedostatku nebo nadbytku těchto hormonů může docházet k poruchám metabolických funkcí a zdravotním problémům. U mláďat hrozí poruchy růstu a vývoje i mentální retardace. Monitorování obsahu jódu v potravě a krmivu, stejně jako sledování koncentrací hormonů štítné žlázy v krevní plazmě, mléce a moči hospodářských zvířat jako producentů potravin pro lidskou výživu je proto nezbytné.

Doporučení pro praxi:

V souvislosti s reálným rizikem nedostatku či nadbytku jódu u hospodářských zvířat, zejména přežvýkavců, je pro objektivní zhodnocení aktivity štítné žlázy nutné doporučit i stanovení hladiny tyreotropního hormonu (TSH), který je jedním z hlavních faktorů regulace tvorby hormonů štítné žlázy. Koncentrace uvedeného hormonu objektivizuje případné projevy hypo nebo hypertyreózy. Stejně tak důležité je sledování množství jódu v krmivu.

## 7. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

1. BADIOEI K., MOSTAGHNI K., NIKGHADAM P., POURJAFAR M. (2010): The effect of mercury on thyroid function in sheep. *Int J Vet Res.* 4: 277-281.
2. BOĎA K., SURYNEK J. A KOL (1990): Patologická fyziológia hospodárskych zvierat. Bratislava, Príroda. 386 s.
3. CIBULKA J. A KOL. (2004): Základy fyziologie hospodářských zvířat. ČZU v Praze, s. 142-143.
4. CUNNIGHAM J. G., KLEIN B. G. (2007): Veterinary physiology. Sanders Elsevier, St. Louise, USA. 699 s.
5. ČERMÁK B. A KOL. (2000): Základy výživy a krmení hospodářských zvířat. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. 165 s.
6. ČERNÝ H. (2002): Veterinární anatomie pro studium a praxi. Brno, Nakladatel Noviko a.s., 528 s.
7. ČERVENÝ Č., KOMÁREK V., ŠTĚRBA O. (1999): Koldův atlas veterinární anatomie. Grada publishing, 704 s.
8. DUŠOVÁ H., TRÁVNÍČEK J., KROUPOVÁ V., STAŇKOVÁ M., PEKSA Z. (2012): Effect of High Iodine Intake on Selected Parameters of Immunity in Sheep. *Bull Vet Pulawy*, 56: 659-662.
9. DUŠOVÁ H., TRÁVNÍČEK J., SVOBODA M., BAŇOCH T., KROUPOVÁ V., PEKSA Z., KONEČNÝ R. (2012): The impact of high iodine intake on thyroid function in ewes and lambs. *Neuroendocrinology letters*, 33: 517 – 524.
10. HERZIG, I., SUCHY P. (1996): Současný pohled na význam jodu pro zvířata
11. *Vet. Med - Czech*, 41: 379-386.

12. JAVORKA K. A KOL. (1996): Klinická fyziológia pre pediatrov. Martin, Osveta. 487 s.
13. JELÍNEK P., KOUDELA K. A KOL. (2003): Fyziologie hospodářských zvířat.
14. MZLU v Brně, 401 s.
15. KOLEKTIV AUTORŮ (1998): Pomozte řešit poruchy vyvolané nedostatkem jódu. *Farmář*, březen: 69.
16. KRABAČOVÁ I. (2002): Morfologické a funkční změny štítné žlázy při různé saturaci hospodářských zvířat jódem. [Disertační práce]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. 101 s.
17. KRETZE A., LANGER P., KLIMEŠ I., LICHARDUS B. (1993): Praktická endokrynológia. Bratislava, Slovak Academic Press. 549 s.
18. KURSA J., KROUPOVÁ J., KRATOCHVÍL P., TRÁVNÍČEL J., JEZDINSKÝ K. (1996): K diagnostice strumy skotu. *Veterinářství*, 46: 90-96.
19. MARVAN F. A KOL. (1998): Morfologie hospodářských zvířat. Praha, Brázda. 303 s.
20. NAJBRT R. A KOL. (1973): Veterinární anatomie 1. Státní zemědělské nakladatelství v Praze. 441 s.
21. NAZIFI S., SAEB M., ABANGAH E., KARIMI T. (2008): Studies on the relationship between thyroid hormones and some trace elements in the blood serum of Iranian fat-tailed sheep. *Vet Arch.* 78: 159-165.
22. PEKSA Z., DUŠOVÁ H., TRÁVNÍČEK J. (2010): Morfometric parameters of thyroid gland in cattle and sheep. In: Proceedings of International Conference Animal physiology. MZLU Brno, s. 296-299.

23. PEKSA Z., JELÍNEK F., TRÁVNÍČEK J., DUŠOVÁ H., MIKULOVÁ M. (2010): Vztah mezi obsahem jódu a morfometrickými parametry štítné žlázy jatečného skotu. Katedra veterinárních disciplín a kvality produktů, ZF JČU v ČB.
24. POPESCO P. (1977): Atlas topografickej anatómie hospodárskych zvierat I.
25. Bratislava, Príroda, s 66.
26. REECE W. O. (1998): Fyziologie domácích zvířat. Praha, Grada, 449 s.
27. SILBERNAGL S., DESPOPOULOS A. (2004): Atlas fyziologie člověka. Praha, Grada. 435 s.
28. SOMMER A. A KOL. (1994): Potřeba živin a tabulky. Výživné hodnoty krmiv pro přežvýkavce. ČZS VÚVZ Pohořelice, s. 86.
29. SOVA Z. A KOL. (1990): Fyziologie hospodárskych zvierat. Praha, Státní zemědělské nakladatelství Praha. 472 s.
30. THE EFSA JOURNAL (2005): Opinion of the Scientific Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed on the request from the Commission on the use of iodine in feedingstuffs. 168: 1-42  
<http://www.iss.it/binary/sani/cont/iodine.1121329468.pdf>. Staženo dne 23.12.2012
31. TOLDINY L. (2007): Thyroid hormones in small ruminants: effects of endogenous, environmental and nutritional factors. *Animal* 2007, s. 997 – 1008.
32. TRÁVNÍČEK J. (2012): Patofyziologické důsledky alimentárního přebytku jódu u skotu a ovcí. Závěrečná zpráva projektu QH81105, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 35 s.

33. TRÁVNÍČEK J., BLÁHOVÁ B., ŠOCH M. (2002): Saturace skotu a ovcí jodem a úroveň hormonů štítné žlázy. In: Collection of Scientific Papers, Faculty of agriculture, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 19: 49-54.
34. TRÁVNÍČEK J., HERZIG I., KURSA J., KROUPOVÁ V., NAVRÁTILOVÁ M. (2006): Iodine content in raw milk. *Veterinární medicína*, 9: 448-453.
35. TRÁVNÍČEK J., KROUPOVÁ V., DUŠOVÁ H., KRHOVJÁNKOVÁ J., KONEČNÝ R. (2011): Optimalizace obsahu jodu v kravském mléce. Metodická příručka. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 56 s.
36. TRÁVNÍČEK J., KROUPOVÁ V., KONEČNÝ R., STAŇKOVÁ M., ŠŤASTNÁ J., HASONOVÁ H., MIKULOVÁ M. (2010): Iodine status in ewes with the intake of iodine enriched alga *Chlorella*. *Czech J. Anim. Sci.* 55: 58-65.
37. TRÁVNÍČEK J., KROUPOVÁ V., ŠVEHLA J., DUŠOVÁ H., PEKSA Z. (2012): The effect of increased iodine intake on thyroid activity in sheep. In: Proceedings of International Conference Animal physiology. MZLU Brno, s. 206-211.
38. TROJAN S. A KOL. (2003): Lékařská fyziologie. Praha. Grada. 771 s.
39. TROJAN S., SCHREIBER, M. (2007): Atlas biologie člověka. Praha, Scientia, s. 46.