

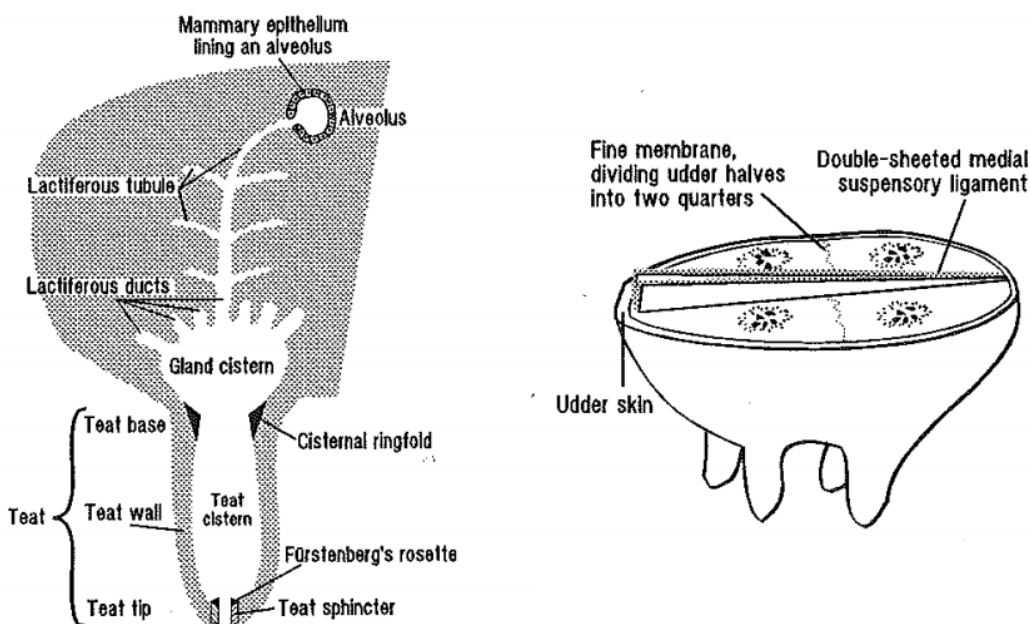
## Juvrets anatomi och fysiologi hos nötkreatur

Karin Persson Waller, statsveterinär, Avdelning för djurhälsa och antibiotikafrågor, SVA, samt gästprofessor, Institutionen för kliniska vetenskaper, SLU

### Allmänt om juvrets struktur (Figur 1)

Hos nötkreatur består juvret vanligen av fyra separata juverdelar bestående av varsin körtelvävnad och spene. Nästan hälften (ca 40-50 %) av kvigkalvarna föds dock med fler än fyra spenar. Dessa kallas extraspenar och är ofta placerade kaudalt om (dvs mot svansen) de riktiga spenarna. Förekomst av extraspenar är ärftligt betingat. Extraspenar bör tas bort på den unga kalven eftersom dessa kan störa mjölkningen. Dessutom kan mjölkkörtelvävnad annars ibland utvecklas och det finns risk för mastit i den extra juverdelen. Borttagningarna görs lämpligen i samband med avhorning när djuret är sederat. Ibland ligger extraspenarna nära de riktiga spenarna vilket kan göra det svårt att ta bort dem. Förekomst av sådana extraspenar kan senare störa funktionen hos spenkopporna vid maskinmjölkning. Borttagning av extraspenar bör endast göras då man säkert kan avgöra vilka spenar som är de ordinarie och vilka som inte är det.

Juvret är täckt av hud som över den övre delen av juvret är tunn, mjuk och rörlig medan huden på spenarna är fast förankrad i underhuden. Huden över spenarna är hårlös medan den över resten av juvret har varierande mängd tunt hår. Höger och vänster juverhalva separeras av kraftiga ligament i mittfåran medan främre och bakre juverdelar inom vardera juverhalva separeras av ett tunt skikt av stödjevavnad. Detta skikt är inte synbart för blotta ögat. Varje juverdel består av en övre del, mjölkkörteln (*corpus mammae*), och en spene (*papilla mammae*). Mjölkkörtlarna är modifierade svettkörtlar och består av mjölkbildande sekretoriska celler, myoepiteliala celler och stödjevavnad. Mjölken leds via ett välutvecklat gångsystem från de sekretoriska cellerna via juvercisternen till spenen.



Figur 1. Beskrivning av juvrets anatomi. Källa: Sandholm et al 1995 (med tillstånd).

Juvrets storlek och form varierar mellan individer beroende på ärftliga egenskaper, ålder, könsmognad, dräktighetsstadium och antal laktationer. Flera källor anger att de bakre juverdelarna producerar mer mjölk än de främre juverdelarna (60 % vs 40 %) men avelsframsteg har gjort att juvret blivit mer balanserat i produktion. Juvrets exteriör inkluderas i avelsmålen för mjölkkor. Vid exteriörbedömning tar man bland annat hänsyn till juvrets främre anfästning, bakjuverhöjd, bakjuverbredd, juverligament, juverdjup, juverbalans, spenplacering fram och spenlängd.

Det finns ingen koppling mellan juvrets storlek och mängden mjölk som kan produceras i juvret. Ett stort juver kan till exempel innehålla relativt mycket bindväv och fettvävnad. Storlek och form hos juver och spenar kan dock påverka maskinmjölkningens funktion. Problem kan till exempel uppstå om spenarna är placerade för tätt ihop, för vitt isär eller i vinkel ut från juvret, om spenarna är för korta eller för långa eller om juvret hänger alltför lågt ner mot golvet.

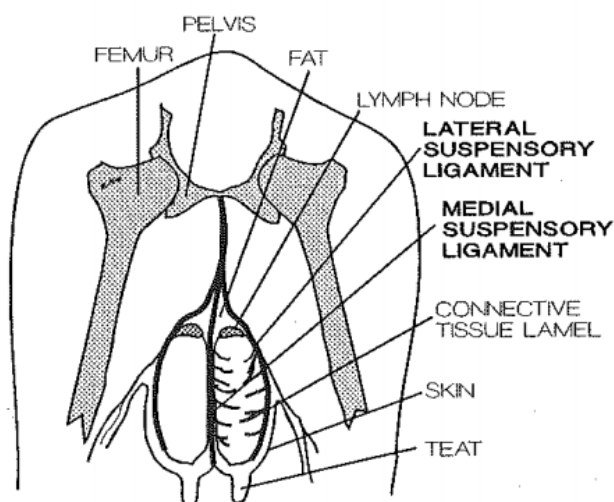
### Juvrets upphängning (Figur 2)

Hos högmjölkkande kor kan juvret inför mjölkning väga 50 till 75 kg. Det är därför viktigt att juvrets upphängningsapparat (*apparatus suspensorius mammarius*) är stark. Hud och subkutan stödjevavnad är en del av upphängningsapparaten men har liten betydelse. De viktigaste delarna är istället de laterala (*laminae laterales*; laterala = liggande åt sidan) och mediala (*laminae mediales* (mediala = liggande åt mitten) eller *ligamentum suspensorium uberis*) ligament som omger vardera juverhalva som en slinga. Från dessa ligament utgår tunna lameller (*lamellae suspensoriae*) som är förankrade i stödjevavnaden inne i juvret.

De mediala ligamenten (ett på insidan av vardera juverhalva) är starka ligament som främst består av elastisk bindväv vilket innebär att de tillåter expansion av juvret när mjölk ansamlas mellan mjölkningar och de är även stötabsorberande. De mediala ligamenten utgår från bukväggsmuskulaturen (*m. obliquus externus abdominis*) och är bara indirekt fästa mot bäckenet med en sena (*tendo prepubicus*) varför skelettets rörelser inte påverkar juvret i så hög grad. De två ligamenten är förenade av lucker bindväv men delar sig sedan för att följa juverhalvornas form och förenas med de laterala ligamenten. Ligamenten ger upphov till en tydlig mittfåra mellan juverhalvorna (*sulcus intermammarius*).

De laterala ligamenten utgår från den ytliga bukväggsfascian (*tunica flava abdominis*) och fäster an mot andra fascior, till exempel vid inguinalkanalen, främre bäckenkanten och lårmuskulaturen. De går på utsidan av juverhalvorna och består av mer fibrös bindväv som inte är lika elastisk som det mediala ligamentet.

Om upphängningsapparaten försvagas kan juvret deformeras på olika sätt. Det vanligaste är att så kallat hängjuver (Figur 3) utvecklas genom gradvis försvagning av de fibrer som bygger upp lameller och ligament. I dessa fall kan spenarna ibland hänga nedanför haserna med ökad risk för spensador och mastit. I ovanliga fall kan det mediala ligamentet plötsligt försvagas kraftigt eller rupturera helt. I sådana fall blir botten av juvret konvex och spenarna pekar rakt ut åt sidorna.



Figur 2. Beskrivning av juvrets upphängningsapparat. Källa: Sandholm et al 1995 (med tillstånd).



Figur 3. Hängjuver. Foto: Bengt Ekberg, SVA

### Mjölkkörtelns struktur (Figur 1)

I varje juverdel består den övre delen (*corpus mammae*) av epitelial körtelvävnad (*glandula mammaria*) och interstitiell bindväv med nerver, blodkärl och lymfkärl. Mjölken produceras i körtelvävnadens alveoler och transporteras via ett gångsystem till juvercisternen i nedre delen av juverdelen och till spencisternen som mynnar i spenkanalen genom vilken mjölken lämnar juvret. Den mjölkvolym som ryms i de största gångarna samt juver- och spencisternerna är bara en liten del av den totala volymen i juvret. Den mesta mjölken lagras istället i alveolerna och i de små gångarna.

Mjölken produceras i sekretoriska epitelceller som är arrangerade i ett lager av kubiska/cylindriska epitelceller på ett basalmembran i ett stort antal alveoler som separeras med ett tunt bindvävslager där även nerver och blodkärl finns. Alveolernas form och storlek varierar avsevärt beroende på mjölkfyllnad och laktationsstadium och när alveolen är fylld med mjölk blir epitelcellerna tillplattade. Mellan basalmembranet och epitelets sekretoriska celler finns platta förgrenade myoepiteliala celler som omger alveolens sekretoriska celler som ett tunt nät. Dessa celler kramar om de sekretoriska cellerna som en reaktion på oxytocinfrisläppning vilket gör att mjölken transporteras ut i gångarna och det leder till så kallat mjölknedsläpp. Utanför basalmembranet och de myoepiteliala cellerna ligger ett nätverk av kapillärer som sköter blodförsörjningen till cellerna. En individuell alveol bildar en sfär som har en diameter på 50-200 µm i diameter beroende på mjölkackumulering och totalt finns runt 200 000 till 500 000 alveoler i juvret. Till varje alveol finns en kort uppsamlingsgång som öppnar sig i en något större gång som delas av en grupp alveoler (ca 150-200 st). En sådan grupp alveoler formar tillsammans en druvklaseliknande lobulus (*lobulus glandulae mammariae*) som är cirka 1x1,5x0,5 mm stor. Genom lager av fibrös bindväv avgränsas ett antal lobuli i större lober (*lobi glandulae mammariae*) med gemensam transportgång.

Juverdelens gångsystem (*ductus lactiferi*) kan indelas anatomiskt i primära gångar som kommer från alveolerna och uppsamlade gångar (intra-lobulära, intra-lobära, interlobära) som leder till juver- och spencisternerna (*sinus lactifer pars glandularis* respektive *papillaris*). Cirka 5 till 20 stora mjölkgångar tömmer sig i juvercisternen. Juvercisternen varierar i form (en eller flera kammare) och volym (100-2000 ml). Övergången mellan juver- och spencistern är markerad genom en subepitelial inbuktning vid spenbasen. Denna inbuktning innehåller ett venplexus (Fürstenbergs venring) som är viktigt att känna till vid kirurgiska ingrepp i juvret. Spencisternen övergår slutligen i spenkanalen (*ductus papillaris*) som är försluten främst med hjälp av glatta muskelfibrer.

Insidan av mjölkgångar och cisterner består av dubbellagrat epitel. Både i gångar och cisterner finns myoepiteliala celler insprängda mellan basalmembran och epitel. Mindre ansamlingar av sekretorisk vävnad kan även återfinnas direkt knutna till epitelet i cisternerna och kan ibland ses som gulorange vävnad. När en gångtyp övergår i en annan finns förträngningar i väggen. Troligen fungerar dessa områden som partiella klaffar för att minska trycket mot spenen.

### Spenens struktur (Figur 4)

Hos nötkreatur kan spenarna variera kraftigt i längd (3-14 cm), diameter (2-4 cm) och form oberoende av juvrets storlek och form. Ärftliga faktorer påverkar spenens utseende liksom laktationsnummer och

laktationsstadium. Till exempel ökar längden från första till tredje laktationen. Hos nötkreatur är spenen oftast cylindrisk men kan ibland vara konformad. Spenspetsens utseende kan också variera (cylindrisk, konformad, spetsig, platt) vilket också kan påverka mjölkningen. Spenens utseende kan påverka maskinmjölkningens funktion. Om spenarna till exempel är för korta eller långa fungerar inte pulseringen i spenkoppen på ett optimalt sätt.

Övergången mellan körteldelen av juvret och spenen sker vid spenbasen. Beroende på spenens form kan övergången vara mer eller mindre tydlig från utsidan. På insidan markeras avgränsningen genom den ringformade inbuktning som ses vid spenbasen på grund av Fürstenbergs venring.

Spenen består av spenvägg, spencistern (rymmer 10-50 ml mjölk) och spenkanal. Spenväggen är 6-10 mm tjock och är tjockare i den nedre delen där den övergår i spenkanalen. Väggen består ytterst av ett lager tunn hud utan svettkörtlar, ett intermediärt lager av glatt muskulatur, kärl och bindväv samt epitellagret som linjerar insidan av spencisternen.

Spenväggens hud indelas, liksom annan hud, i ett yttre (*epidermis*) och ett inre (*dermis*) skikt. Epidermis utgörs av ett tjockt lager döda keratiniserade celler. Spenens epidermis är 4 till 5 gånger tjockare än i normal hud och är stadigt förankrat i underliggande dermis genom djupa papiller. Dermis består av stödjevävnad som innehåller rikligt med blodkärl och nerver vars sensoriska nervändar finns i epidermis. Eftersom spenhuden inte har några hårfolliklar eller svettkörtlar är den extra känslig för uttorkning och sprickbildning. Det intermediära lagret (underhuden) består av ett kraftigt lager elastisk bindväv, ett stort antal blod- och lymfkärl samt glatt muskulatur. Både kärl och muskulatur är främst arrangerade i vertikal riktning längs spencisternen. Runt spenkanalen finns cirkulärt arrangerade muskelbuntar. Slutligen utgörs epitellagret på insidan av spencisternen av ett tvålagrat kubiskt epitel. Ytan på insidan kan vara slät eller ha tvärgående och längsgående veck. Små öar av körtelvävnad kan ses insprängda i eller under epitelet. Deras funktion är oklar men de kan troligen utsöndra mjölk.

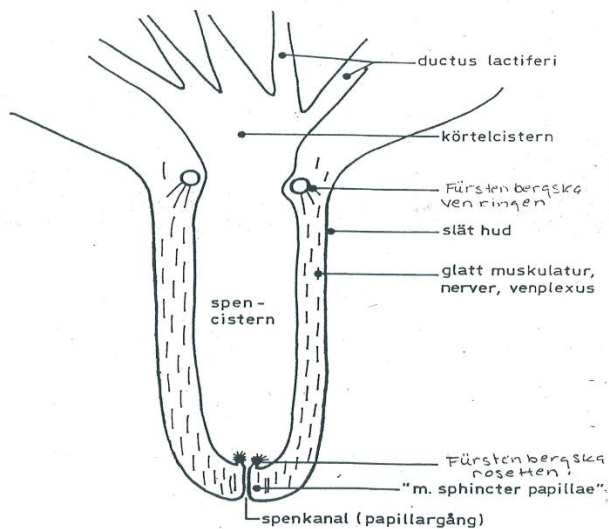
På insidan av spenen i övergången mellan spencistern och spenkanal byts det tvålagriga epitelet i spencisternen tvärt till ett flerlagrat keratiniserat plattepitel som fortsätter ner i spenkanalen. Vid denna övergång ligger Fürstenbergs rosett som består av utbuktande flerskiktat plattepitel med underliggande papiller av bindväv. Rosetten verkar inte ha någon mekanisk funktion men under epitelet finns en hög koncentration av leukocyter (främst lymfocyter och plasmaceller) som troligen har en viktig funktion i det lokala immunförsvaret mot infektioner.

Distalt om Fürstenbergs rosett börjar spenkanalen som är cirka 1 cm (5-15 mm) lång och 0,4-5 mm i diameter beroende på om den är stängd eller öppen. I stängt skick är kanalens diameter minst i den nedre änden. Kort eller vid spenkanal innebär en ökad risk för mjölkkläckage och juverinfektion. Epitelet i spenkanalen är identiskt med hudepitelet och är kontinuerligt med den yttre spenhuden. Epitelet i spenkanalen har 6 till 10 längsgående veck. När den är stängd är epitelet veckat vilket gör att ett tvärsnitt av kanalen är stjärnformat. Från epitelet sker en kontinuerlig avstötning av keratin som täcker insidan av spenkanalen som en vitaktig beläggning. Keratinet hjälper till att stänga kanalen mellan mjölkningar och efter sinläggning. Det innebär också en barriär mot infektioner eftersom bakterier som invaderar spenkanalen kan fångas i keratinet. Dessutom innehåller keratinet bakteriehämmande substanser. Vid mjölkning lossnar en del av keratinet vilket innebär att bakterier som fastnat i keratinet effektivt sköljs ut ur spenkanalen. Om keratinet i spenkanalen tas bort helt eller om alltför mycket keratin förloras vid mjölkning ökar risken för juverinfektion och mastit.

Effektiv slutning av spenkanalen möjliggörs, förutom av keratinet, av glatt muskulatur och elastisk vävnad runt spenkanalen. Muskulaturen är arrangerad longitudinellt närmast epitelet och cirkulärt runt spenkanalen mer lateralt i den subkutana vävnaden. De cirkulära muskelfibrerna dominerar i normalfallet. Effektiv slutning av spenkanalen är viktig för att förebygga mjölkkläckage och förhindra juverinfektion. Spenar med svag eller ofullständig cirkulär muskulatur runt spenkanalen har ökad risk för mjölkkläckage. Sådana kor mjölkar snabbt men risken för juverinfektion ökar. Hos kor med spänd muskulatur är mjölkstrålen tunn och mjölkningen tar



lång tid eftersom flödet är lågt. Sådana kor kallas trögmjölkkade. Spenkanalens slutning är ärftligt betingad men skador på spenspetsen kan också leda till läckande eller trögmjölkkade spenar.



Figur 4. Spenens anatomi. Källa: Undervisningsmaterial, KV, SLU.

### Juvrets blodförsörjning (Figur 5)

Mjolkproduktion kräver en god blodförsörjning av juvret. För varje liter mjölk som produceras måste 400 till 600 liter blod passera juvret och förse de sekretoriska cellerna med näringsämnen och vatten. Vardera juverhalva har till största delen egen blodförsörjning men det finns också kärl som passerar mellan de två halvorna dorsalt i juvret.

#### Artärer

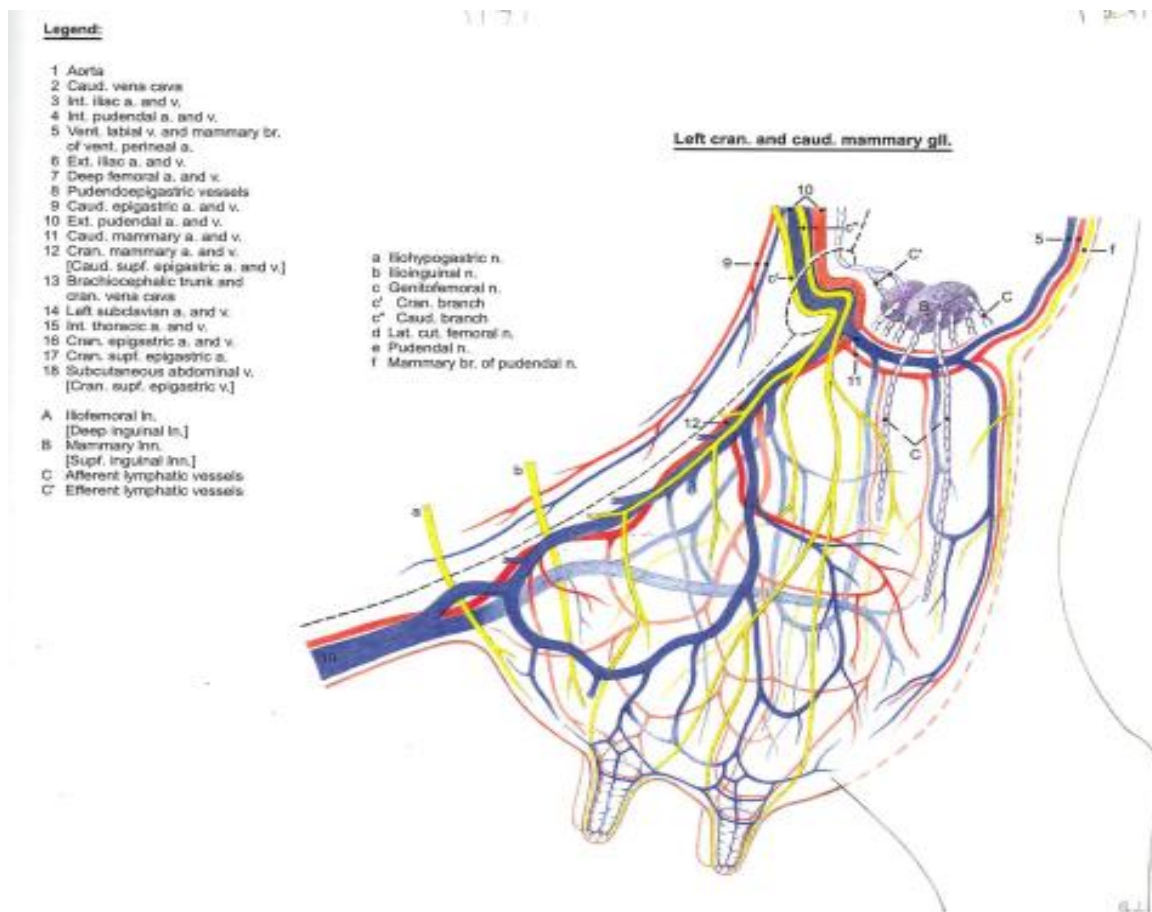
Juverhalvorna försörjs främst av vänstra respektive högra *A. pudenda externa*, som är grenar av *A. iliaca externa*. Efter att respektive artär passerat inguinalkanalen bildar den en s-formad kurva omedelbart ovanför juverhalvans främre del vilket innebär att kärlet kan anpassa sig till förändringar i juvrets storlek. Artären delar sig sedan i främre *A. mammalia cranialis* och bakre *A. mammalia caudalis* från vilka mindre grenar (*Rami mammae*) leder till juvervävnaden där de grenar sig ytterligare. Den bakre grenen sammansmälter med grenar från den ventrala perinealartären (*A. perinealis ventralis*; ventral = nedre delen dvs åt buksidan) som försörjer juverlymfknutorna och en mindre del av de bakre juverdelarna. De mammära artärerna övergår i papillära artärer (*A. papillae*) i spenarna.

#### Vener

Venerna löper oftast parallellt med artärerna. Två stora vener, *V. pudenda externa* och *V. subcutanea abdominalis* (mammärvenen/mjolkvenen) eller kraniala (åt huvudet till) ytliga *V. epigastrica* står för huvuddelen av blodflödet från juvret. Dessutom finns i varje juverhalva en ven som löper parallellt med de artärgrenar som passerar juvrets bas. Dessa vener är sammankopplade via främre och bakre shunten vilket innebär att blod kan passera från ena juverhalvan till den andra varpå en så kallad vencirkel bildas dorsalt (övre delen dvs åt ryggen) i juvret. Vencirkeln är fullt utvecklad först hos vuxna lakterande kor och systemet innebär att effektivt venöst dränage säkerställs även om vissa kärl täpps till när kon ligger ner.

Dränage av blod från juvret sker till cirka två tredjedelar via *V. pudenda externa*. Eftersom bukvenerna endast omges av tunn stödjevävnad kan detta leda till försämrad funktion hos venklaffarna och till vendilatation. En ytterligare faktor är att venklaffarna i bukvenernas kaudala del är reverserade vilket leder till att det mesta av blodet tvingas bakåt mot *V. pudenda*. Blodet rör sig framåt (kranialt) endast när blodtrycket förstorar bukvenerna tillräckligt så att blodet kan passera genom klaffarna. Mjolkvenen löper precis under huden längs med bukens undersida på ett slingrande sätt och har en vid diameter. Eftersom venen är så ytlig finns risk för yttre skador vilka kan leda till allvarliga blödningar som kan vara svåra att få stopp på.

Spenen är väl försörjd med vener och vid basen av varje spene finns en venös cirkel (*circulus venosis papillaris*, Fürstenbergs venring) som ses som en subepitelial utbuktning vid övergången mellan juver- och spencistern.



Figur 5. Beskrivning av juvrets blod, lymf- och nervförsörjning. Källa: Budras et al 2011.

### Juvret lymfatiska system (Figur 5)

Hela juvret har ett väl utvecklat system av lymfkärl och varje juverhalva har vanligen en stor (ibland även en-två mindre) supramammär lymfknuta (*Lnn. mammarii* syn. *Lnn. inguinales superficiales*) som är placerad vid basen av den bakre juverdelen. Dessa lymfknutor kan palperas och är förstörade vid mastit. Lymfkärl lokaliserade djupt i vävnaden är svåra att hitta på grund av deras tunna väggar medan större subkutana lymfkärl kan ses med blotta ögat. Lymfan leds dorsokaudalt från kapillärer i bindväven i spenar och körtelvävnad via lymfkärl som blir allt större innan de når juverlymfknutorna där lymfan filtreras och sedan transporteras vidare till de djupa inguinallymfknutorna. Lymfkärlen har envägsklaffar som gör att flödesriktningen bibehålls. Krafter som stimulerar lymfflödet är muskelrörelser och juvrets pendling när kon går samt andningsrörelser. Nära kalvning är det ganska vanligt att fyllnaden av mjölk i juvret gör att lymfkärlen trycks samman vilket kan leda till subkutana ödem runt juvret.

### Juvrets nervsystem (Figur 5)

Nervsystemet har ingen direkt påverkan på mjölkens syntes och sekretion eller tömningen av mjölk från juvret eftersom dessa processer styrs av hormoner via blodet. Nervsystemet är dock väsentligt för mjölkningen eftersom det sätter igång mekanismer som leder till hormonfrisläppning från hjärnan till blodet och sedan till körtelvävnaden.

I juvret finns både afferenta (inåttledande) sensoriska nerver och efferenta (utåttledande) sympatiska nerver bestående av motoriska fibrer. Innerveringen beskrivs något olika i olika böcker men följande beskrivning bedöms vara rimlig. Hud och spenar i främre juverdelarna och kraniala delen av juverbasen försörjs av *N. iliohypogastricus*, *N. ilioinguinalis* och kraniala grenen av *N. genitofemoralis*. Huden och spenarna i bakre juverdelarna innerveras av kaudala grenen av genitofemoralnerven och mammära grenen av *N. pudendus*

(*Ramus mammarius*). De kraniala och kaudala grenarna av *N. genitofemoralis* passerar genom inguinalkanalen in i juvret.

I spen huden finns sensoriska nervreceptorer som är känsliga för fysisk stimulans som tryck, beröring, sträckning och värme. Receptorerna tenderar vara flest vid den proximala änden av spenen och nära ytan. Impulser vandrar via afferenta nervfibrer genom mammärnerv till inguinalnerven som leder till L2-4 och vidare upp till hjärnan varifrån produktion och frisläppning av oxytocin från neurohypofysen till blodet stimuleras. När oxytocinet når de myoepiteliala cellerna runt alveolerna i juvret kontraheras dessa och mjölken pressas ut i gångsystem och cisterner. Vid stress frisläpps adrenalin som stör effekten av oxytocin på de myoepiteliala cellerna.

De sympatiska nervfibrerna reglerar blodcirkulation och muskeltonus bland annat runt spenkanalen. Dessa nerver går från ryggmärgen och slutar i glatt muskulatur i artärer och spenar. Muskulaturen i artärväggen kontrollerar blodflödet genom juvret genom att reglera artärernas diameter. Impulser från det sympatiska nervsystemet leder till att de cirkulära glatta muskelbuntar som omger spenkanalen genomgår rytmiska kontraktioner mellan mjölkningarna. Under mjölkning leder impulser från hjärnan och ryggmärgen till att muskelbuntarna och spenkanalen slappnar av vilket gör att mjölken kan flöda friare. När dessa nerver skadas eller blockeras tenderar kon att läcka mjölk.

### Tack

Stort tack till Elisabeth Persson, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi vid SLU för faktakontroll och synpunkter.

### Källor

- Budras K-D, Greenough PR, Habel RE, Mülling CKW (Eds). 2011. Bovine anatomy. Second, extended edition, Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH Co. KG, Hannover, Germany.
- Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG (eds). 2010. Textbook of Veterinary Anatomy, 4<sup>th</sup> edition, Saunders, St Louis Missouri, USA, 721-727.
- Nickerson SC. 1992. Anatomy and physiology of the udder. In Machine milking and lactation. Bramley AJ, Dodd FH, Mein GA & Bramley JA. Insight Books, Verkhshire, England, 37-68.
- Reese S, Budras K.-D., Mülling C, Bragulla H and König HR. 2009. In: König HE and Liebich (H-G (eds). Veterinary Anatomy of Domestic Mammals. Textbook and Colour Atlas. 2009.4<sup>th</sup>, revised edition, Schattauer, Stuttgart, Germany, 619-626.
- Sandholm M, Honkanen-Busalski T, Kaartinen L, Pyörälä S (eds) The bovine udder and mastitis. 1995. University of Helsinki, Finland
- Schummer A, Wilkens H, Vollmerhaus B, Habermehl K-H. 1981. The circulatory system, the skin, and the cutaneous organs of the domestic mammals. In: Nickel R, Schummer A, Seiferle (founders). The Anatomy of the Domestic Animals. Volume 3. Verlag Paul Parey, Berlin, Germany.