

# La sindrome della sub-fertilità nella vacca da latte

**15 CREDITI ECM**

AUTORE

Alessandro Fantini

Facoltà di Medicina Veterinaria - Università di Perugia

## PRIMA PARTE

**Metabolismo e fertilità nella vacca da latte**

## SECONDA PARTE

**Nutrizione e fertilità nella vacca da latte**

## TERZA PARTE

**Influenza della nutrizione sulla corretta ripresa  
dell'attività ovarica**

## QUARTA PARTE

**Importanza di una corretta rilevazione dell'estro  
e del momento adatto alla fecondazione**

## QUINTA PARTE

**Principali patologie ovariche e uterine in grado  
di mettere a rischio l'instaurarsi della gravidanza**

Sponsor:



RESPONSABILE SCIENTIFICO

Fausto Cremonesi

Professore Ordinario,

Dipartimento di Scienze Cliniche Veterinarie

Università degli Studi di Milano

PERCORSO FORMATIVO:

# La sindrome della sub-fertilità nella vacca da latte

## SECONDA PARTE

### Nutrizione e fertilità nella vacca da latte

AUTORE: Alessandro Fantini

Facoltà di Medicina Veterinaria - Università di Perugia

RESPONSABILE SCIENTIFICO: Fausto Cremonesi

Dipartimento di Scienze Cliniche Veterinarie - Università degli Studi di Milano

**È** noto da tempo l'esistenza di un link tra nutrizione e fertilità. Già nell'800 Darwin, nella sua *Origine della specie*, riportava l'osservazione che “*gli animali domestici si riproducono più efficacemente per la maggiore disponibilità di cibo*”. Altre osservazioni empiriche, come le alterazioni della fertilità nei soggetti umani con disturbi del comportamento alimentare, rafforzano il valore di queste osservazioni. Per maggiore disponibilità di cibo si intende la presenza di alimenti in grande quantità e per molto tempo, fino allo *status* di *ad libitum*. È quindi necessario fare un'osservazione: ma se nella vacca da latte il cibo è disponibile *ad libitum*, soprattutto se la tecnica d'alimentazione è l'*unifeed*, perché la fertilità cala inesorabilmente anno dopo anno? Qual è la correlazione con l'osservazione di Darwin se molti ritengono che una delle cause dell'infertilità sia un'alimentazione eccessivamente “spinta”, volta a stimolare al massimo la produzione di latte? Ma se è l'alimentazione spinta e la produzione che da essa deriva la principale causa di sub-fertilità delle bovine, perché la bovina dimagrisce nel primo terzo di lattazione? Perché quando il ginecologo riscontra patologie ovariche, dall'ipoplasia alle cisti, indica la carenza energetica come causa primaria? Aumentando le concentrazioni energetiche alle vacche fresche si stimola la produzione di latte e, almeno in teoria, si ottiene un vantaggio per l'attività ovarica. Come chiaramente si evidenzia, esiste una grande confusione sull'argomento che solo una puntualizza-

zione sulla fisiologia riproduttiva e sui principi della nutrizione può fugare.

#### I SENSORI METABOLICI

Nella parte precedente abbiamo evidenziato come la selezione e la necessità di ottenere la massima produzione da parte della vacca da latte hanno “premiato” quelle bovine potenzialmente in grado di riprodursi durante tutto l'anno e il più possibile vicino al parto precedente. È a tutti ben noto che, a causa della caratteristica curva che descrive la lattazione di una bovina, più i giorni medi di lattazione sono “brevi” (il rapporto delle bovine che entrano in lattazione partorendo e quelle che escono per essere asciugate è favorevole alle prime), più i cosiddetti giorni medi di lattazione si riducono verso il valore medio ottimale di 150-160 giorni. Più i giorni medi di lattazione di un allevamento sono ridotti, maggiore è il numero delle bovine vicine al picco di lattazione e maggiore è la produzione media di latte. Per realizzare questa condizione favorevole è necessario che le bovine rimangano gravide il prima possibile, dopo il pieno espletamento del picco di lattazione, che solitamente compare tra il 45° e il 60° giorno *post partum*. In termini fisiologici, significa chiedere a una bovina, da poco uscita dal nadir del bilancio energetico e proteico negativo, di riprendere una nuova gravidanza. Solitamente, in natura, le bovine riprendono una nuova gestazione quando le condi-

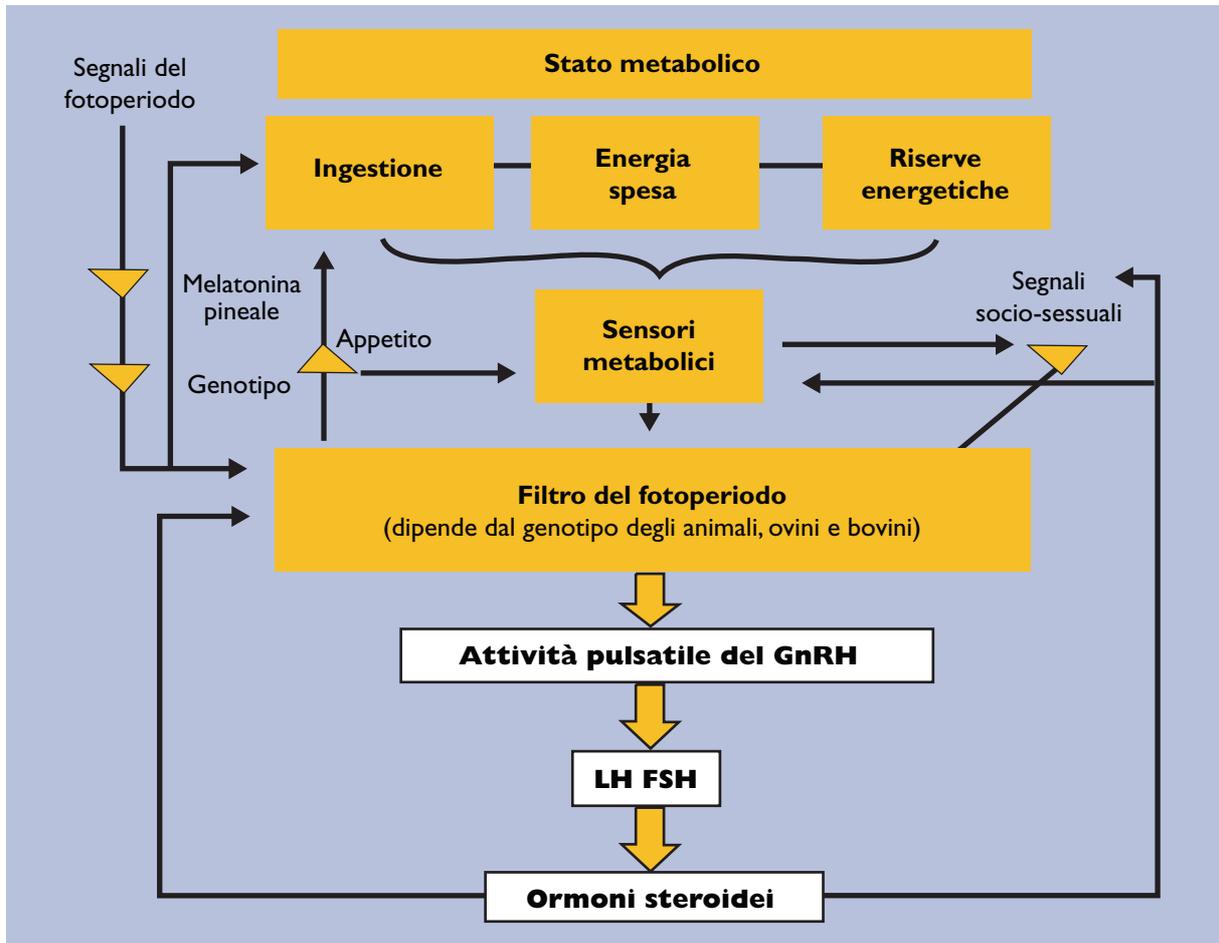


Figura 1. Lo stato metabolico della vacca da latte.

zioni nutrizionali e le riserve energetiche individuali danno prospettive favorevoli per la gestazione e le prime fasi d'allevamento del nascituro. Attraverso la continua ricognizione del proprio metabolismo, la vacca da latte è o non è in condizione di prendere la cosiddetta “decisione di riprodursi”. Il continuo monitoraggio dello stato metabolico della vacca da latte e di molti mammiferi risiede in una specifica sezione anatomica del cervello, l'area postrema della sezione caudale dell'encefalo, dove i neuroni NPY/CA e CRH, attraverso la permeabilità della membrana sangue-cervello, risentono dell'influenza dei metaboliti ossidabili, direttamente o tramite gli ormoni da essi modulati. Al cervello arrivano quindi informazioni provenienti da molti distretti dell'organismo, come il fegato, il tessuto adiposo, il pancreas, il tratto gastro-intestinale (stomaco e duodeno) e il nervo ottico. I “segnali metabolici” agiscono stimolando-inibendo l'attività dei neuroni NPY che sono in grado di modulare la secrezione dell'ormone ipotalamico GnRH, l'ingestione e il comportamento estrale. Riassumendo si può dire che il rap-

porto luce-buio, la temperatura esterna, i feromoni, le interazioni sociali e la disponibilità o meno dei nutrienti possono condizionare la vacca da latte a decidere o meno di riprodursi. Inoltre, alcuni ormoni come il GH, l'insulina e l'IGF-S possono agire direttamente sulle ovaie e sui follicoli. La ricognizione dello stato metabolico consiste nel mettere in relazione ingestione-energia consumata-riserve energetiche come lo *status* energetico rispetto al quale modulare il comportamento alimentare, sessuale e l'attività follicolare. Nelle specie domestiche meno selezionate, il fattore “fotoperiodo” gioca un ruolo modulatore molto importante in quanto è condizionato a monte dall'essere poliestrato annuale o stagionale (figura 1). Più in particolare, l'ingestione di sostanza secca, carboidrati, lipidi e proteine modula la produzione di miostatina da parte del tessuto muscolare, di ghrelina dall'intestino e di leptina dal tessuto adiposo che, unitamente all'insulina pancreatica, sono in grado di agire sui centri della fame e della sazietà e modulare essenzialmente la produzione di GnRH per gli ormoni LH e GH (figura 2).

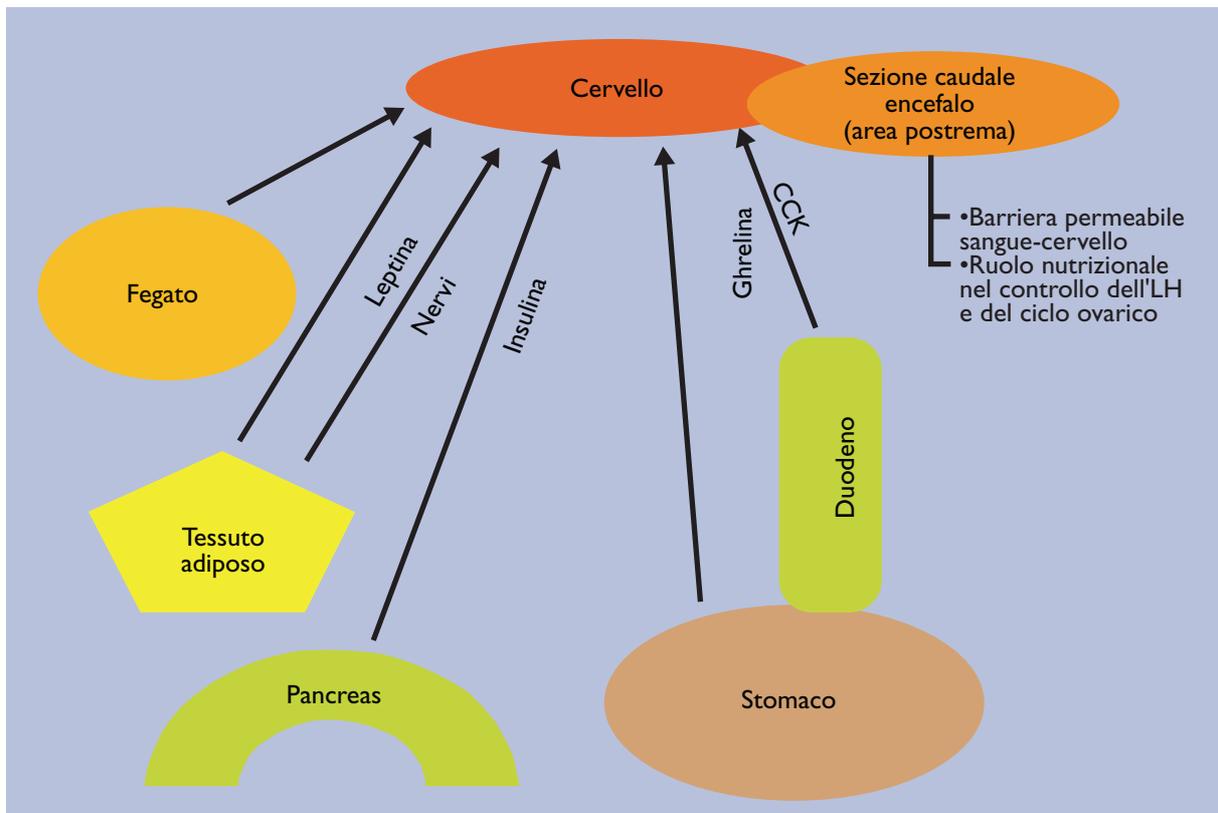


Figura 2. I sensori metabolici dell'organismo.

## I FABBISOGNI NUTRITIVI DELLA VACCA DA LATTE

Per evitare che gli errori nella nutrizione possano rappresentare un fattore di rischio per la fertilità e, di converso, per impiegare correttamente gli alimenti al fine di permettere alla bovina il pieno espletamento dell'attività riproduttiva, è necessaria una profonda conoscenza della nutrizione. La scienza della nutrizione si occupa, da un lato, di studiare attentamente i fabbisogni di tutti i nutrienti nelle varie fasi del ciclo produttivo della vacca da latte e, dall'altro, di conoscere approfonditamente gli alimenti utilizzabili. Esiste poi una branca della nutrizione definita *clinical nutrition* che si occupa di come i nutrienti possono prevenire e curare quelle patologie definite metaboliche oppure modulare, ove sia possibile, l'attività immunitaria di base.

## NUTRIZIONE DI BASE

La ricerca in questo campo è da sempre molto copiosa. I nutrizionisti, oltre a tenere aggiornate le proprie conoscenze seguendo gli studi pubblicati sulla stampa specializzata o in altri modi divulgati, utilizzano come punto di riferimento teorico e pratico quanto pubblicato dal *National Research Council*

(NRC). Il comitato di nutrizione animale del *board* dell'NRC coordina l'attività di una sottocomitato che si occupa della nutrizione della vacca da latte, composto da 11 scienziati appartenenti alle migliori università nord-americane e ritenuti, attraverso criteri oggettivi, i più esperti sull'argomento. Attraverso una pubblicazione periodica edita dalla *National Academic Press* di Washington D.C., dal nome *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, vengono raccolte, in diverse *reviews*, le conoscenze relative alla nutrizione della vacca da latte, derivanti da ricerche svolte in tutto il mondo. I nutrizionisti che si occupano di vacche da latte ricorrono a queste pubblicazioni per la loro attività pratica. L'ultima edizione risale al 2001 e in gergo è denominata "NRC 2001". Questa pubblicazione recepisce gran parte degli studi teorici e le applicazioni pratiche derivanti dalla ormai nota attività di ricerca svolta dal dipartimento *Animal Science* della Cornell University. Questo gruppo di ricerca, sotto la spinta finanziaria dello Stato di New York, ha messo a punto un complesso modello matematico per descrivere i fabbisogni nutritivi della vacca da latte, denominato *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS), quasi completamente recepito dall'NRC 2001. Prima dell'avvento del CNCPS e dell'attività dell'NRC esistevano nel mondo varie scuole di nutrizione, oggi in gran parte confluite in un'unica visione della

nutrizione della vacca da latte, con differenze nazionali spesso impercettibili, ma identiche nei principi. Questo gigantesco sforzo della comunità scientifica mondiale ha di fatto dimostrato l'unicità della fisiologia della vacca da latte e, quindi, che lo sforzo della nutrizione applicata deve essere univoco. I principi fondamentali che sottendono la nutrizione della vacca da latte dipendono dal fatto che il ruminante, attraverso la produzione di biomassa microbica (BM) e di acidi grassi volatili (AGV), produce buona parte delle risorse nutritive necessarie alla bovina. A livello di intestino tenue e colon giungono comunque, per decisione del nutrizionista, una quota di carboidrati strutturali (NDF) e non strutturali (NSC), proteine indegredate, grassi, minerali e vitamine. Possiamo quindi condividere che l'apporto dei nutrienti necessari alla bovina provengono in larga parte dall'attività fermentativa del ruminante e in quota minoritaria da ciò che da esso sfugge indegredato. Ovviamente, non tutta la quota di alimenti che arriva all'intestino può essere utilizzata. Caratteristica del CNCPS è la capacità del modello di prevedere la quantità di BM e AGV prodotta, nonché la quota di alimenti indegredati per una determinata bovina, in una precisa fase del suo ciclo produttivo.

## I FABBISOGNI NUTRITIVI

Nel modello, il calcolo dei fabbisogni nutritivi è molto complesso. Il sistema richiede l'inserimento di molti dati riguardanti l'animale come peso, tasso di crescita, produzione di latte e sua composizione, tipo di stabulazione, temperatura, umidità esterna ecc. Questo sistema è estremamente sensibile, tanto da essere inutilizzabile se la descrizione di tutti i fattori che determinano i fabbisogni nutritivi per il mantenimento, la crescita, la produzione, la gestazione e le riserve corporee non sono compilati con estrema accuratezza e, soprattutto, continuamente aggiornati. La debolezza del sistema nel gestire le bovine HMG (alto potenziale genetico) risiede nel criterio e nelle priorità di ripartizione dei nutrienti, fattori estremamente variabili nelle bovine HMG rispetto a quelle LMG (basso potenziale genetico).

## GLI ALIMENTI

Quanto detto per i fabbisogni vale anche per gli alimenti che si intendono utilizzare per soddisfarli. Il principio innovativo, a suo tempo utilizzato nel CNCPS, è quello che gli alimenti non possiedono un valore nutritivo in quanto tali, ma un valore nutritivo condizionato dal contesto alimentare in cui sono inseriti. Gli alimenti sono descritti nelle frazioni di proteina e carboidrati che lo compongono, ognuna delle quali avrà un coefficiente di degrada-

bilità e una velocità di transito in funzione del tipo di razione distribuita. In generale, si afferma che il coefficiente di degradazione dell'alimento e delle sue frazioni (Kd) è inversamente proporzionale alla sua velocità di transito (Kp). A determinare queste profonde differenze, in grado di condizionare la produzione di BM e la conseguente quota indegredata dal ruminante, è il livello di concentrati e/o di fibra ruminabile. Più un alimento è finemente macinato, più elevata è la sua degradabilità ruminale nell'unità di tempo. Più un alimento o una razione ha una quota di fibra di dimensioni superiori a 1,18 mm (peNDF), più lungo è il tempo di permanenza nel ruminante e, quindi, la produzione oraria di saliva. Per poter offrire un alimento al modello, è necessario disporre di analisi accessorie delle frazioni proteiche e dei carboidrati, facilmente eseguibili con analisi convenzionali o NIRS, a costi relativamente contenuti.

## LA RAZIONE ALIMENTARE

L'avvento dei modelli nutrizionali ha in qualche modo enormemente semplificato il lavoro dei nutrizionisti, imponendo solo una grande precisione negli *input* riguardanti l'animale, l'ambiente e il *management*, per la determinazione dei fabbisogni e le caratteristiche degli alimenti che si intendono o si dovrebbero utilizzare. Fino a non molti decenni fa, alcuni concetti erano dei veri e propri paradigmi. Un esempio è dato dal livello energetico della razione derivante dalla media aritmetica o ponderata dell'energia apportata dai singoli alimenti, il livello di proteina grezza, carboidrati o amidi. Tutti questi concetti decadono quando dalla razione si vuole ottenere quella quantità di proteina metabolizzabile (MP) necessaria a soddisfare la fase specifica studiata nel calcolo dei fabbisogni, intesa come sommatoria della BM e della frazione indegredabile al netto della sua digeribilità intestinale. Quanto descritto è valido anche per la quota d'energia metabolizzabile (ME). Si è già osservato da tempo che il livello energetico (solitamente espresso come energia netta, EN) di razioni calcolate con sistemi tradizionali e quindi non con modelli dinamici, non sempre corrisponde alla realtà. Diete con identico livello d'energia forniscono risultati spesso controversi, come nel caso in cui non si differenziano le quote proteiche ma si usa solo il parametro proteina grezza (PG). In questi casi, non è possibile prevedere la quantità di BM prodotta o lo spreco di ammoniaca e quello conseguente d'urea.

## PROTEINA

La componente proteica della razione alimentare è per il ruminante molto più importante rispetto al monogastrico. L'allevamento dei ruminanti da latte

te trova la sua convenienza nel fatto che sono animali in grado di utilizzare la quota fibrosa degli alimenti (NDF), altrimenti inutilizzata dai monogastrici. Altrettanto non può dirsi per la quota proteica, in quanto la capacità di trasformazione dell'azoto ingerito in proteina del latte è, nella vacca da latte, molto più bassa rispetto a qualsiasi monogastrico allevato per produrre uova o carne. La cosiddetta "efficienza dell'azoto" è considerata ottimale quando è pari al 35%, condizione che corrisponde all'ottenimento di 350 grammi di proteina nel latte partendo da 1 kg di azoto ingerito. Il resto viene disperso nell'ambiente sotto forma di reflui. Come abbiamo accennato in precedenza, l'obiettivo primario della nutrizione della vacca da latte è massimizzare il tasso di crescita della BM in quanto rappresenta, sia come composizione sia come costi, la proteina ideale per una vacca da latte e, più in generale, per un ruminante. La BM è composta per il 63% da proteina, per il 12% da grassi e per il 21% da carboidrati. Utilizzando i fabbisogni riportati nell'NRC 2001 e assumendo che almeno il 55% della materia organica della razione è fermentata dal rumine, si vede come cambia, in funzione del tasso di crescita microbico, la percentuale di copertura dei fabbisogni proteici per la produzione di latte. Se la capacità di sintesi della BM è di 20 grammi d'azoto per chilogrammo di materia organica fermentescibile, la BM può coprire le necessità proteiche per produrre 35 kg di latte solo per il 35%. Diversa è la situazione se la capacità di sintesi della BM passa a 40 grammi d'azoto per chilogrammo di materia organica, in quanto la capacità di soddisfare il fabbisogno per 35 kg di latte raggiunge il 65%. Il profilo aminoacidico della BM è considerato ideale per la vacca da latte; quindi, più la quota proteica che passa il rumine indegradata (RUP) ha un profilo aminoacidico simile alla MP, maggiore sarà la possibilità di soddisfare i fabbisogni di aminoacidi in termini di quantità e di rapporti tra loro esistenti. La condizione ottimale si ottiene quando il 48% della MP è rappresentata da aminoacidi essenziali (EAA), che la bovina non può produrre da sola nella quantità richiesta dai fabbisogni. Alcuni EAA sono limitanti, in quanto la loro carenza impedisce alcune funzioni come la produzione di latte e caseina, che la genetica e lo stadio del ciclo produttivo consentirebbero, o altre funzioni metaboliche a volte non completamente conosciute ma legate direttamente alla fertilità o all'immunità, ad esempio. Gli aminoacidi essenziali sono la lisina, la metionina, la valina, l'arginina, l'isoleucina, l'istidina, il triptofano, la leucina, la treonina e la fenilalanina. Il CNCPS, oltre a prevedere la quantità di MP prodotta, tiene sotto controllo gli aminoacidi limitanti e la capacità della razione di soddisfarne i fabbisogni; per alcuni di questi aminoacidi il sistema calcola il rapporto, come nel caso di lisina:metionina (rapporto obiettivo 3:1). In gene-

rale, sappiamo che la proteina ha una funzione essenzialmente plastica in quanto serve a sintetizzare componenti essenziali dell'organismo, come le ossa e i muscoli, o elementi fondamentali come i globuli rossi, i leucociti, le immunoglobuline ecc. Nella bovina da latte e più in generale nei ruminanti, la gluconeogenesi è la principale via metabolica preposta alla costituzione del *pool* di glucosio ematico necessario per la sintesi di lattosio, quindi di latte, e come substrato energetico primario. Una parte del *pool* di glucosio deriva dall'assorbimento diretto di glucosio dagli amidi che si presentano indegradati nel lume dell'intestino tenue. Questo meccanismo, presieduto dall'amilasi pancreatica e tipico dei monogastrici, ha notevoli limiti nella bovina da latte, non sempre ben definiti. Nel fegato, attraverso la gluconeogenesi, l'acido propionico è trasformato in glucosio e contribuisce così a più del 70% della produzione totale. La quota restante deriva dai butirrati, i valerati, i lattati e il glicerolo, mentre una quota rilevante deriva anche dagli aminoacidi glucogenetici, costituiti principalmente da alanina e glutamina (figura 3). In ogni caso, sono classificati come glucogenetici anche alcuni aminoacidi essenziali come la metionina, il triptofano, la treonina e la valina e alcuni non essenziali come la glicina, l'acido glutaminico, la prolina, la serina, l'idrossiprolina, la cistina, l'alanina, e l'istidina. Per avere un ordine di grandezza, basta ricordare che da 100 g di aminoacidi possono essere sintetizzati 58 g di glucosio. Gli aminoacidi impiegati in aiuto alla gluconeogenesi e, quindi, la quota totale di MP necessaria, soprattutto nella fase iniziale della lattazione, sono fondamentali per assicurare quel *pool* di glucosio necessario alle funzioni metaboliche fondamentali. Oltre alla MP, la bovina ricorre a quelle riserve aminoacidiche che, se le è stata data la possibilità, ha ricostruito durante la fase finale della lattazione precedente e nelle ultime fasi della gestazione, sempre considerando che, nonostante le limitate necessità per la produzione di latte, deve terminare lo sviluppo del feto e la ricostruzione del parenchima mammario. Se l'apporto proteico nelle ultime settimane di gestazione è corretto, la bovina costituisce, in particolare a livello muscolare, la riserva di aminoacidi definiti "proteine labili", indispensabili soprattutto all'inizio della lattazione, quando le limitazioni fisiologiche e la ridotta capacità di ingestione impediscono la corretta assunzione dei nutrienti necessari (figura 4). Le proteine labili possono rappresentare anche il 25% dell'azoto totale dell'organismo. Come abbiamo visto all'inizio, la moderna bovina da latte considera sempre più prioritarie alcune funzioni metaboliche, come la produzione di latte, rispetto ad altre funzioni metaboliche altrettanto importanti. L'apporto di proteine alimentari può essere pertanto suddiviso nella frazione degradata dal rumine (RDP) e in quella che indegradata (RUP) arriva direttamente nel-

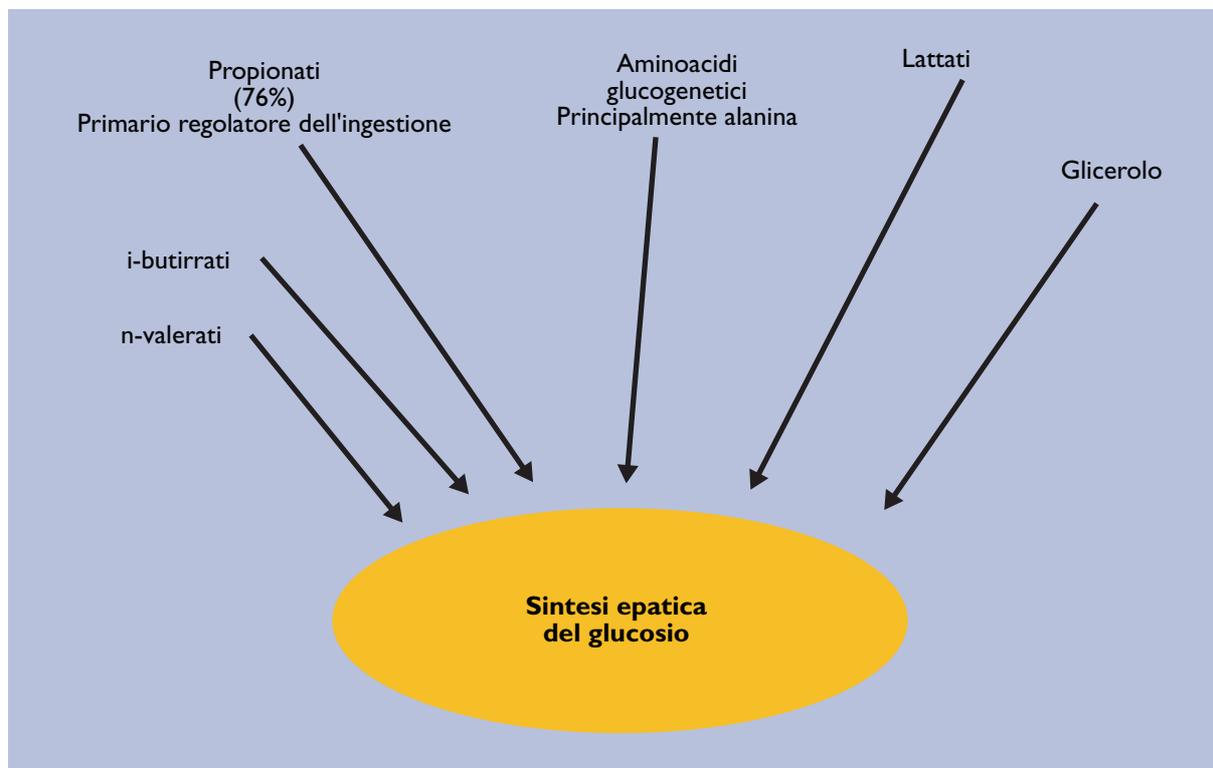


Figura 3. I precursori per la sintesi epatica del glucosio.

6

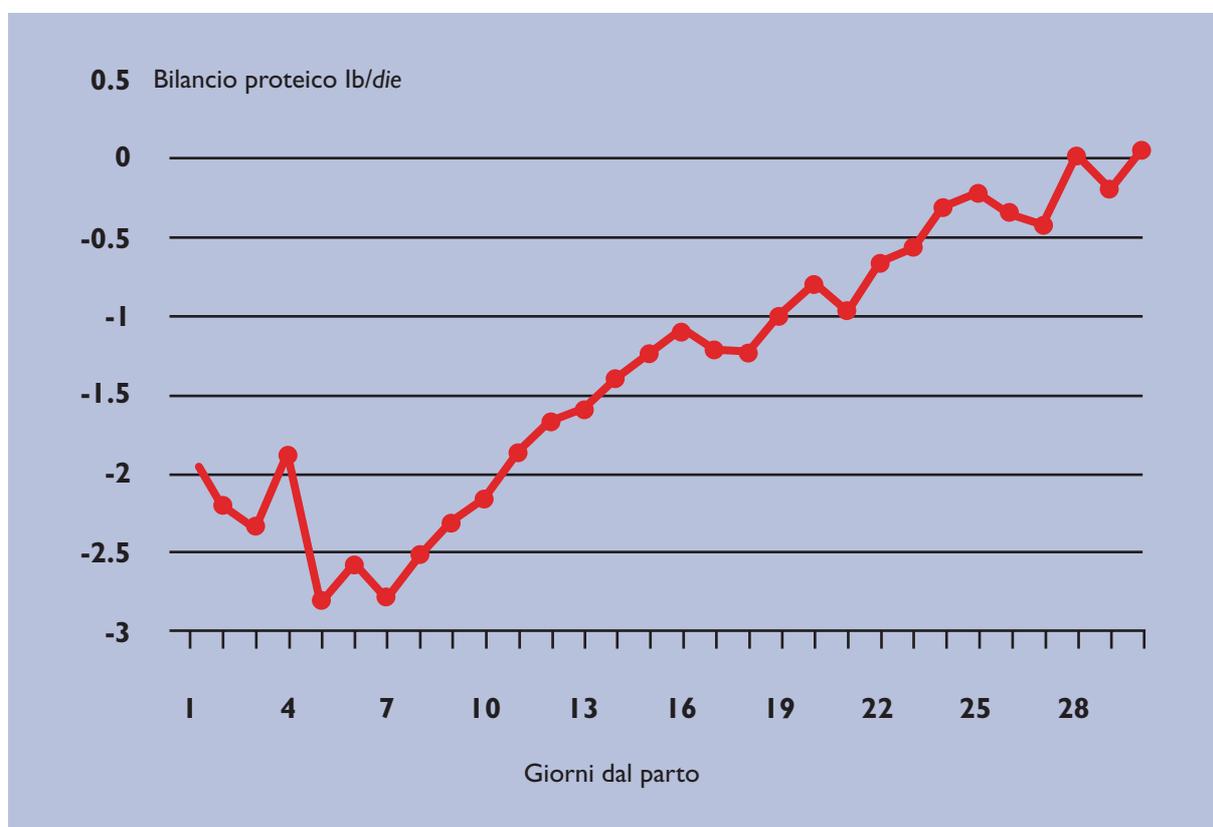


Figura 4. Bilancio proteico negativo nel *post partum*.

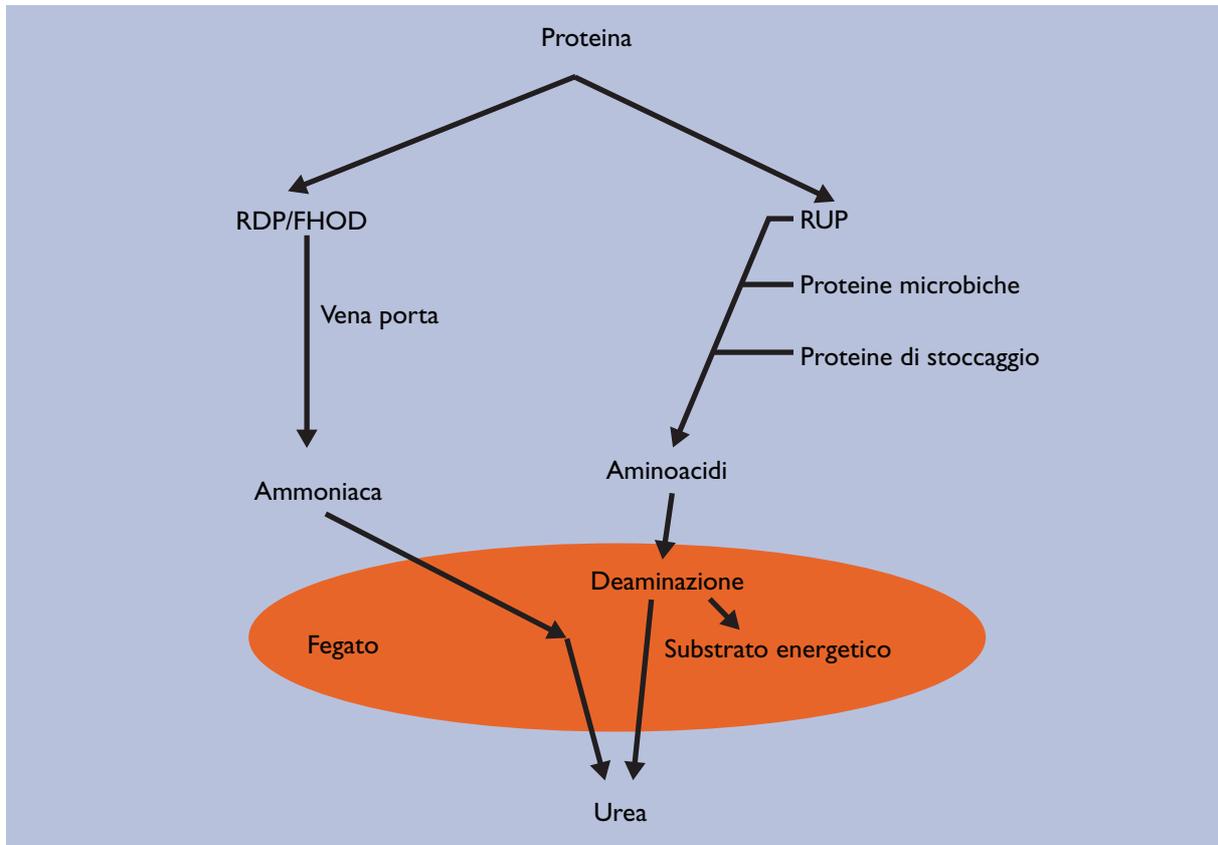


Figura 5. La sintesi dell'urea.

l'intestino per costituire, insieme alla BM, la proteina metabolizzabile (MP). Per ogni alimento, la frazione della proteina grezza (PG), la RDP e la RUP, non sono solo caratteristiche intrinseche, ma dipendono anche e soprattutto dal contesto di razionamento in cui sono inserite. Più sono elevate la velocità di transito della razione, in base alla capacità di ingestione della bovina, la granulometria dei singoli alimenti, la quota di concentrati ecc., più cospicue sono le frazioni di alimenti e quindi di proteina che “scappano” indenni dalle degradazioni ruminali. Nel modello Cornell e nel sistema PDI francese, per quantificare in ogni alimento la quota effettiva di RUP e RDP, si considera il livello alimentare pari a 3 volte il mantenimento (3X). L'azoto alimentare che giunge al rumine con la razione è utilizzato dalla flora microbica come alimento proprio. La flora microbica che fermenta la fibra utilizza soprattutto l'azoto in forma elementare (NPN), mentre la flora microbica che fermenta gli amidi utilizza maggiormente le forme azotate più complesse, come gli aminoacidi. Ovviamente, la capacità di crescita della flora microbica dipende non solo dalla quantità e dal tipo di proteine apportate con la razione alimentare, ma anche e soprattutto dalla quantità di carboidrati fermentescibili, amidi, cellulose ed emicellulose utilizzabili. Non tutto l'a-

zoto liberato dalla degradazione della RDP della razione a opera delle fermentazioni ruminali può essere sfruttato dalla flora microbica ruminale. Si stima che solo il 75% della RDP può essere convertita in BM. Oltre il 25% dell'azoto della razione è trasformato in azoto non proteico o lo è già, soprattutto sottoforma di ammoniaca (NH<sub>3</sub>). L'ammoniaca, forma estremamente tossica dell'azoto, raggiunge attraverso le pareti del rumine e la vena porta il fegato dove, attraverso un meccanismo di detossificazione a livello del citocromo P450, può essere trasformata in urea, una molecola decisamente meno tossica (figura 5). L'urea è una molecola organica di piccole dimensioni, composta di carbonio, azoto, ossigeno e idrogeno, altamente solubile nei fluidi organici e, quindi, rintracciabile nel sangue, nel rumine (dove giunge tramite la saliva), nel fluido follicolare, nell'utero e nel latte. L'ammoniaca di provenienza ruminale non è tuttavia l'unico precursore per la sintesi dell'urea. Il catabolismo degli aminoacidi glucogenetici, derivanti sia dalla MP sia dalle scorte di “proteine labili”, arrivano al fegato per la sintesi del glucosio producendo ammoniaca e quindi urea. Pertanto, i fattori che determinano la quantità d'urea presente nell'organismo sono molteplici. Primo fra tutti è il livello proteico della razione. Razioni con una concen-

trazione elevata di proteina grezza e soprattutto di RDP sono correlate positivamente al livello d'urea ematica. A parità di livello proteico, la quantità e la qualità dei carboidrati della razione può fortemente condizionare il tasso di crescita della flora microbica e quindi la capacità di utilizzare l'azoto della razione. L'apporto di MP e quindi l'entità del catabolismo proteico epatico e il ricorso alle proteine corporee per sintetizzare glucosio è positivamente correlato all'azoto ureico plasmatico. In ogni caso, è bene ricordare che se la funzionalità epatica non è ottimale per la presenza di patologie come la lipidosi epatica o perché gli epatociti sono già impegnati in un processo di detossificazione, il livello di azoto ureico rilevato non è proporzionale al livello di ammoniaca ematica. È importante ribadire che la trasformazione epatica dell'ammoniaca in urea impone una determinata spesa energetica; quindi, per una bovina al picco della produzione e in pieno bilancio energetico negativo, il costo della reazione può pesare sensibilmente. Il costo energetico di questo processo di detossificazione è quantificato in 7,3 Kcal d'energia metabolizzabile (EM) per grammo d'azoto. In pratica, questo costo può essere molto alto e sfiorare le 5 Mcal di EM al giorno, che corrispondono a 1-3 kg di latte FCM al 4%. Essendo l'urea una molecola molto piccola e molto solubile, già poche ore dopo il pasto si trova in equilibrio nei diversi fluidi dell'organismo. La concentrazione d'azoto ureico nel latte è altamente correlata (0,88-0,98) a quella serica. Nel 1989, in una review pubblicata sul *Journal of Dairy Science* da J. D. Ferguson e W. Chalupa, è stato avanzato più di un sospetto sulla correlazione negativa del livello proteico della dieta con la fertilità della vacca da latte e, quindi, sulle proteine alimentari utilizzate dagli allevatori e dai nutrizionisti per massimizzare la produzione di latte, soprattutto al picco della lattazione. Alcuni gruppi di ricerca si sono attivati per cercare una correlazione tra l'azoto ureico presente nel latte (MUN) o nel sangue (BUN) o nel siero (SUN) e le prestazioni riproduttive, anche se i risultati ottenuti sono a volte contrastanti. Secondo Butler, il tasso di concepimento si riduce del 20% quando il livello di MUN è superiore a 19 mg/dl. Tale dato viene confermato da Ferguson che riporta una riduzione del tasso di concepimento quando il SUN supera i 20 mg/dl. Tutti gli autori concordano nell'individuare il meccanismo attraverso il quale l'azoto ureico deprime la fertilità:

- **effetto sul bilancio energetico negativo (NEBAL):** è stato dimostrato da molti autori che il meccanismo di detossificazione epatica dell'ammoniaca esaspera, come visto in precedenza, il fisiologico NEBAL che si osserva nelle prime settimane dopo il parto, compromettendo il comportamento estrale e il tasso di concepimento;
- **effetto sulla concentrazione di progesterone:** è stata dimostrata, in particolare da Butler, una ri-

duzione della produzione di progesterone da parte del corpo luteo con dirette conseguenze sulla capacità di sopravvivenza dell'embrione nelle prime fasi di sviluppo;

- **effetto sul fluido follicolare:** dato che l'urea è una molecola di piccole dimensioni e molto solubile, diffonde con facilità nel fluido del follicolo ovarico, alterando la qualità degli oociti e quindi la fertilità;

- **effetto sul pH del secreto uterino:** molti autori hanno individuato una correlazione tra BUN e pH uterino. La causa esatta di questa correlazione non è molto chiara. Probabilmente, la rimozione dei bicarbonati concomitante all'ureagenesi determina una riduzione del pH dell'ambiente uterino. Diete particolarmente ricche di proteine (> 23%) alterano la concentrazione di magnesio, potassio e fosforo nel secreto uterino, ma solo nella fase luteinica e non durante l'estro. In pratica, sembra che l'eccesso di BUN riduce l'effetto favorevole del progesterone sull'ambiente uterino nella fase luteinica, creando condizioni sfavorevoli alla sviluppo dell'embrione. Dai dati pubblicati si può quindi affermare che un livello di MUN superiore a 19 mg/dl può rappresentare un importante fattore di rischio per la fertilità. S. Tamminga raccomanda pertanto di non superare il 10% di RDP nelle razioni destinate alle vacche in lattazione. Esistono tuttavia delle ripercussioni negative della **carenza proteica** sulla fertilità delle vacche da latte, legate al contributo, già descritto, degli aminoacidi alla gluconeogenesi e quindi alla sintesi di glucosio. Le carenze proteiche giocano un ruolo importante soprattutto nel primo mese di lattazione e quando un'erronea alimentazione nelle ultime settimane di lattazione ha impedito alla bovina di tesaurizzare quelle proteine labili necessarie appunto alla lattazione successiva.

#### Uso della MUN come fattore di rischio della sub-fertilità

Come descritto in precedenza, la determinazione del livello d'azoto ureico può rappresentare un metodo di valutazione della correttezza di un piano alimentare, in quanto consiste nella valutazione del rapporto tra le frazioni azotate e i carboidrati della razione e, quindi, nell'individuare eventuali sprechi derivanti. Oltre ad essere un supporto per le valutazioni tecniche ed economiche, l'eccessiva presenza d'azoto ureico nei fluidi corporei può rappresentare un sicuro fattore di rischio per la fertilità. La valutazione routinaria della MUN può quindi essere un ottimo supporto diagnostico per i nutrizionisti e i veterinari. I metodi utilizzati sono molteplici e i valori risultanti spesso molto diversi. Il metodo enzimatico, definito anche indiretto, si basa sulla misurazione di un sottoprodotto della degradazione dell'urea che interagisce con un reagente. Il metodo colorimetrico, definito anche diretto, si basa sul-

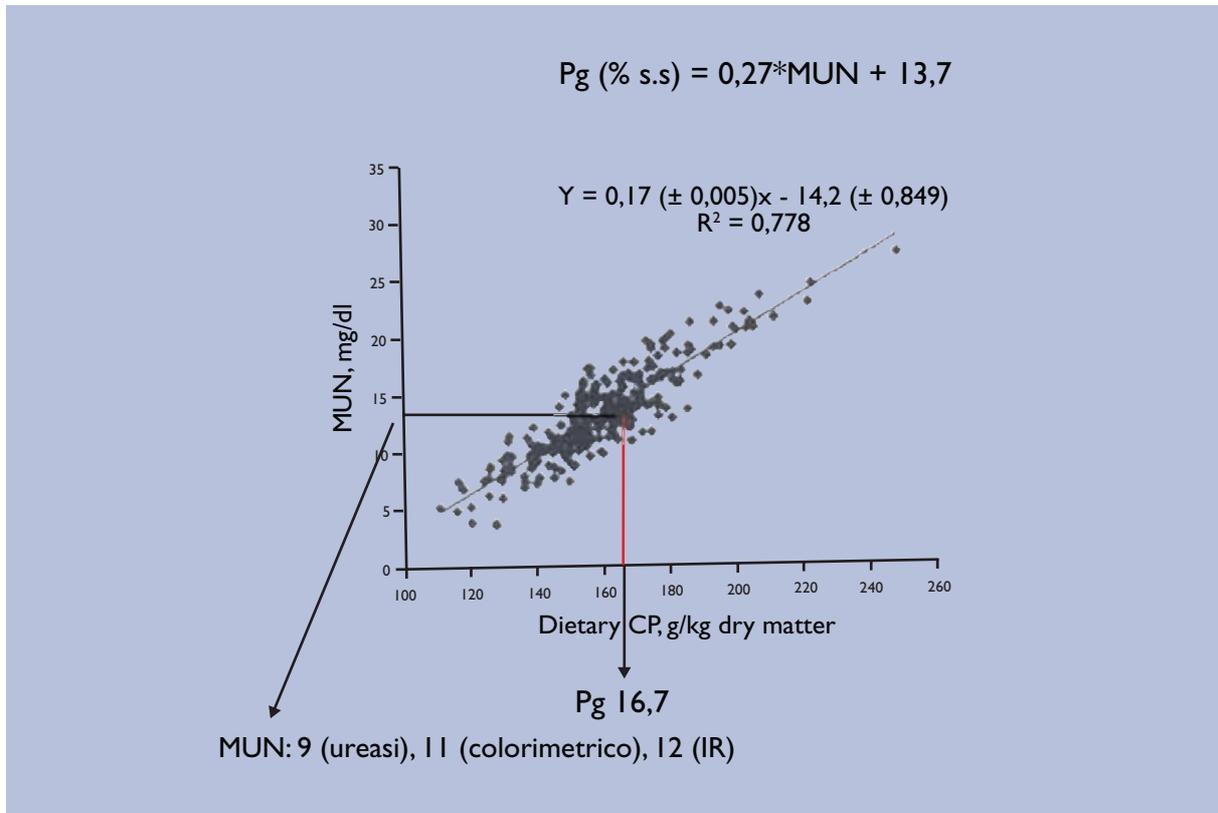


Figura 6. Equazione di previsione della produzione d'urea nel latte con tre metodi di determinazione a confronto.

la misurazione di un complesso che si forma tra l'urea e un reagente. Infine, esiste un metodo "fisico", ossia una misurazione all'infrarosso (figura 6). Nella nostra realtà zootecnica il valore d'azoto ureico presente nel sangue o nel latte viene espresso direttamente come urea, in una scala di valori nell'ordine di mg/dl. Considerando che la molecola d'urea contiene il 46,6% d'azoto, è necessario moltiplicare il valore d'azoto ureico ricavato in laboratorio o citato in bibliografia per 2,14, che rappresenta appunto il rapporto tra il peso molecolare dell'urea e quello dell'azoto.

### I valori di riferimento

Le pubblicazioni più accreditate riportano un rischio elevato per la fertilità quando l'azoto ureico supera i 20 mg/dl, corrispondente a un valore d'urea pari a 42,8 mg/dl. Altri autori, al contrario, segnalano alcuni intervalli di normalità, da 28 a 37 mg/dl, per produzioni di latte superiori a 30 kg, quantità che corrisponde grosso modo alla media nazionale. Valori d'urea più bassi, ossia inferiori a 22 mg/dl, possono essere espressione di una mandria con molti soggetti affetti da gravi lesioni epatiche e, quindi, con difficoltà nel meccanismo di detossificazione dell'ammoniaca. In ogni caso, i bassi valori d'urea possono anche dipendere da diete carenti di proteine o da un alterato rapporto tra le frazioni di pro-

teine e carboidrati. Infatti, come già accennato, anche la carenza di proteine può avere un impatto negativo sulla fertilità. Un'attenta riflessione, prima di ricorrere troppo rigidamente al parametro MUN, deve avere per oggetto la frequente differenza del valore d'urea del latte individuale rispetto a quello di massa. Secondo alcuni ricercatori, il valore medio dell'urea del latte può aiutare a guidare il nutrizionista a trovare il giusto equilibrio tra costi ed efficienza della razione alimentare. Il valore d'urea nel latte individuale, che molte A.P.A. italiane determinano nelle stalle iscritte ai controlli funzionali, può invece aiutare nella determinazione dei rischi per la fertilità e per le altre patologie connesse ai livelli troppo alti o troppo bassi d'urea nel latte individuale. Prima di utilizzare il dato analitico dell'urea, sia individuale sia di massa, è necessario conoscere la metodica utilizzata per poter confrontare il referto con il valore normale, i dati disponibili in letteratura e i valori relativi a campioni diversi. Tra un metodo analitico e l'altro possiamo riscontrare evidenti differenze. In Italia, i grandi laboratori, pubblici e privati, usano in genere un apparecchio che si basa sul metodo FTIR (*Fourier Transform InfraRed*), in grado di fornire analisi molto affidabili e ben confrontabili, a patto che la macchina sia continuamente tarata secondo quanto previsto dal Ring Test (procedura in genere sempre eseguita).

## ENERGIA

È a tutti ben noto che nelle prime settimane dopo il parto, l'apporto energetico della razione alimentare non è sufficiente alla piena copertura dei fabbisogni della lattazione, a causa dei limiti fisiologici relativi alla capacità d'ingestione e del limite derivante dal rischio di riduzioni del pH ruminale. Pertanto, il ricorso alle riserve lipidiche e proteiche è considerato fisiologico e, quindi, anche il dimagrimento degli animali. La perdita di peso deve però essere contenuta entro i limiti fisiologici, in quanto può portare dapprima a chetosi cliniche o sub-cliniche e, successivamente, a lipidosi epatica. Il concetto d'energia è al tempo stesso semplice e poco intuitivo, soprattutto per quanto riguarda l'alimentazione dei ruminanti, dove conta maggiormente la quantità di MP prodotta dalla BM e la frazione proteica RUP, gli AGV derivanti dalle fermentazioni ruminali associati con la quota di amidi che si presentano all'intestino e i grassi alimentari apportati. La vera sfida della nutrizione è nella massimizzazione dell'apporto di questi nutrienti, senza alterare negativamente nessun parametro fisiologico della vacca da latte. La determinazione dell'energia della razione è una semplificazione utile solo alla compilazione della razione e una linea guida superficiale. Risulta invece più utile per quelle fasi del ciclo produttivo, come l'ultimo terzo della lattazione e l'asciutta, dove facilmente si possono avere pericolosi ingrassamenti degli animali per un esagerato apporto energetico, imputabile anche solo a foraggi di qualità "eccessiva". Il concetto d'energia parte dalla cosiddetta energia lorda, ossia dalla quantità di calore (energia termica) sprigionata da un determinato alimento bruciato (ossidato) nella bomba calorimetrica. Il valori energetici vengono espressi in calorie. Prima di arrivare all'energia netta, utilizzabile per il mantenimento, la crescita, la produzione, la gravidanza e il ripristino delle riserve corporee, buona parte dell'energia viene dispersa in energia fecale (32%), nelle urine (4%) e nella produzione di metano (6%). La sola trasformazione dell'energia metabolizzabile in energia netta comporta una perdita ulteriore del 21% sotto forma di calore. Facendo l'esempio di una vacca da latte di circa 600 kg di peso corporeo, che produce 31 kg di latte, solo 32 delle 90 megacalorie ingerite giornalmente sono disponibili per la lattazione. Il set di equazioni utilizzate per determinare l'energia netta partono in genere dal TDN, ossia dalla quantità di proteine, grassi e carboidrati digeribili. Appare ovvio pertanto che più sono elevati i carboidrati indigeribili, come la lignina (ADL), le proteine legate alla fibra (NDIP e ADIP) e i grassi indigeribili, minore è l'energia ottenibile dalla razione (figura 7). Un grave errore concettuale e tecnico nella ricerca della massima concentrazione energetica possibile della razione destinata alle bovine nel primo terzo della lattazione è

non considerare alcune limitazioni fisiologiche della stessa. La prima limitazione consiste nella riduzione progressiva del pH ruminale, derivante dalla sostituzione dei foraggi, in genere meno energetici, con concentrati; questo comporta un aumento della produzione di propionati ruminali, ma anche una pericolosa riduzione del pH, a sua volta causa primaria di acidosi ruminale. Quest'ultima, oltre a innescare la produzione di sostanze tossiche correlate positivamente con la sub-fertilità, determina una riduzione di ingestione della sostanza secca e, quindi, una riduzione energetica. Altro limite derivante dall'uso eccessivo d'amido di mais, per sua natura poco degradabile, può alterare l'omeostasi intestinale per la limitata capacità di assorbimento da parte dell'intestino. Resta comunque da ricordare che nel CNCPS non è evidenziata la concentrazione energetica dei singoli alimenti, ma solo la concentrazione energetica della razione alimentare.

## I GRASSI

Nella nutrizione della vacca da latte, l'aggiunta di grassi nella dieta è ormai diventata una prassi e può avere diverse finalità. I grassi o lipidi, sono in genere trigliceridi e sono composti da una molecola di glicerolo cui sono legati acidi grassi, classificati per il numero di atomi di carbonio e per l'eventuale numero di doppi legami presenti. Nel CNCPS, per stabilire come utilizzarli nella razione alimentare e razionalizzarne i limiti di impiego, sono stati suddivisi in classi. È necessario tener presente che la flora ruminale non ha necessità di acidi grassi e che l'uso di lipidi non protetti dalla degradazione ruminale può essere tossico per la biomassa ruminale, sia per un'azione fisica diretta sia per la capacità che hanno di ridurre la degradabilità della fibra della razione. Nel programma applicativo del CNCPS, CPM-Dairy, i grassi sono classificati in:

- **EE 1**, provenienti da alimenti come i foraggi e i cereali;
- **EE 2**, provenienti da oleaginose come la soia integrale, il girasole o da sottoprodotti come i *distillers* o il pannello di germe di mais;
- **EE 3**, rappresentati dagli acidi grassi protetti dalla degradazione ruminale, come i grassi idrogenati e i saponi di calcio.

Il CPM-Dairy provvede a stabilire i limiti di impiego nella nutrizione per non indurre gli effetti collaterali negativi derivanti da un uso non consapevole dei lipidi. Per le classi EE1 ed EE2 si consiglia di non superare il 5,5% della sostanza secca della razione, mentre con la classe EE3 si può arrivare fino al 7% del totale.

### L'azione dei grassi sul metabolismo

L'azione dei grassi sul metabolismo può essere classificata secondo 4 modalità.

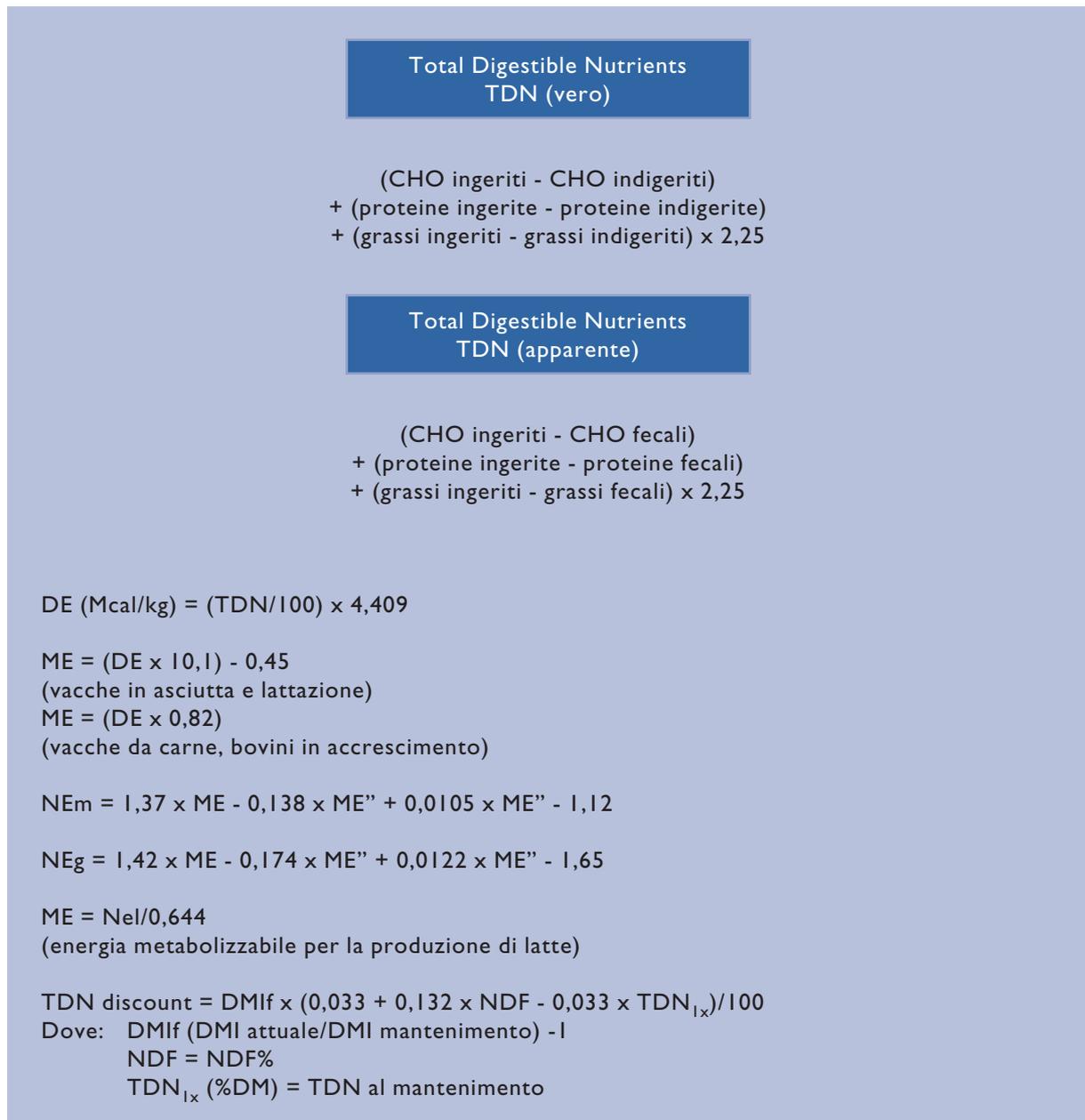


Figura 7. Stima dell'energia derivante dalla dieta.

### **Effetto sullo status energetico**

La concentrazione energetica dei grassi è in genere molto elevata. La concentrazione energetica di un sapone di calcio in una razione per vacche molto produttive, cioè studiate a un livello nutritivo pari a 4 volte il fabbisogno di mantenimento (4X) è pari a 4,80 Mcal/kg di energia netta lattazione (enl); la soia integrale ha un valore di enl pari a 2,62 Mcal/kg, il cotone integrale di 1,83 Mcal/kg e il mais, alimento considerato energetico per antonomasia, di 1,76 mc cal/kg. I grassi sono in genere utilizzati nella prima fase di lattazione per mitigare gli effetti negativi che il bilan-

cio energetico e proteico ha sulla fertilità ed evitare di utilizzare razionamenti con concentrazioni d'amido a volte pericolose. Due possono però essere i risvolti negativi. Il primo è dovuto al fatto che i singoli soggetti o l'intero allevamento, reagiscono negativamente all'inserimento dei grassi nella razione, riducendo l'ingestione dell'alimento stesso. Il paradosso che si può creare, sottovalutando questo problema, è quello di avere una dieta ad alta concentrazione energetica che apporta meno energia rispetto a una razione più diluita, perché la bovina mangia sensibilmente meno. Un altro effetto collaterale deriva dal fatto che

TABELLA 1. STIMA DELL'APPORTO DI ACIDO LINOLEICO ALL'INTESTINO TENUE

Fonte	Quantità Kg	Acido linoleico negli alimenti grammi/die	Acido linoleico nel tenue grammi/die
Cotone integrale	2,8	300	30-120
Soia integrale	2,8	300	30-120
Strutto	0,45	77	8-31
Sego	0,45	23	2-9
Megalac	0,45	38	25-34

Il 69-90% degli insaturi è bioidrogenato dal rumine.

le bovine HMG possono dirottare la maggiore risorsa energetica apportata con la razione verso un aumento della produzione di latte, aggravando ulteriormente il deficit energetico e proteico e quindi la fertilità.

#### Effetti sulla steroidogenesi

L'unica possibilità di incrementare la disponibilità di colesterolo, per la sintesi di estrogeni e progesterone in particolare, è quella di aumentare la colesterolemia. Non trovando colesterolo nella dieta, in quanto non presente negli alimenti vegetali, l'unica possibilità è stimolare il fegato a sintetizzare la maggior quantità possibile di colesterolo, attraverso un corretto apporto di acidi

grassi e proteine. La somministrazione di grassi con la razione incrementa l'HDL del 21% e determina dapprima un aumento della concentrazione di colesterolo nel sangue e, successivamente, nelle cellule del corpo luteo. I grassi alimentari tuttavia non sono in grado di stimolare l'attività dell'LH e quindi di incoraggiare la deiscenza del follicolo.

#### Effetti sull'insulina

L'incremento dei grassi della dieta si ripercuote in un aumento dei NEFA in circolo. Tale condizione stimola la secrezione di insulina da cui trarrà beneficio, direttamente o indirettamente, tutto l'asse ipotalamico-ipofisario-ovarico.

TABELLA 2. FABBISOGNI DI MINERALI E VITAMINE DELLA FRISONA<sup>(1)</sup> IN LATTAGIONE, SECONDO L'NRC 2001

Giorni di lattazione	11	11	90	90	90	90
Ingestione s.s. (kg/gg)	13,5	15,6	20,3	23,6	26,9	30
Produzione di latte	25	35	25	35	45	54,4
Calcio (%)	0,74	0,79	0,62	0,61	0,67	0,6
Fosforo (%)	0,38	0,42	0,32	0,35	0,36	0,38
Magnesio (%)	0,27	0,29	0,18	0,19	0,2	0,21
Cloro (%)	0,36	0,4	0,24	0,26	0,28	0,29
Potassio (%)	1,19	1,24	1	1,04	1,06	1,07
Sodio (%)	0,34	0,4	0,22	0,23	0,22	0,22
Zolfo (%)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Cobalto (mg/kg)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Rame (mg/kg)	16	16	11	11	11	11
Iodio (mg/kg)	0,88	0,77	0,6	0,5	0,44	0,4
Ferro (mg/kg)	19	22	12,3	15	17	18
Manganese (mg/kg)	21	21	14	14	13	13
Selenio (mg/kg)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Zinco (mg/kg)	65	73	43	48	52	55
Vitamina A (UI/kg) <sup>(2)</sup>	5.540	4.795	3.685	3.169	2.780	2.500
Vitamina D3 (UI/kg) <sup>(2)</sup>	1.511	1.308	1.004	864	758	680
Vitamina E (UI/kg) <sup>(2)</sup>	40	35	27	23	20	18

<sup>(1)</sup>Peso 680 kg; grasso latte 3,5%; proteine latte 3%; lattosio 4%; BCS 3-3,3; condizioni ambientali neutre.

<sup>(2)</sup>UI/kg = l'unità di misura delle vitamine, a parte la vitamina C, è l'Unità Internazionale (UI) che corrisponde a uno standard di peso stabilito: in genere, il milligrammo (mg).

**Effetti sulle prostaglandine**

Alcuni acidi grassi, come quelli polinsaturi, che possiedono molti doppi legami (PUFA), hanno la capacità di modulare, inibendo o stimolando, la produzione e il rilascio delle prostaglandine. È necessario tuttavia premettere che, per far giungere all'intestino tenue e quindi successivamente nei fluidi corporei della bovina un'adeguata quantità di PUFA, essi devono essere adeguatamente protetti dalla bio-idrogenazione ruminale, oppure apportati in quantità così elevate da sperare che arrivino all'intestino tenue per l'effetto *wash-out* del liquido ruminale (tabella 1). Alcuni acidi insaturi a 18 atomi di carbonio, come il C18:2 (acido linoleico) o il C18:3 (acido linolenico) rappresentano un substrato per la sintesi di molte prostaglandine, la più nota delle quali è la  $\text{PGF}_{2\alpha}$ . Alcuni acidi grassi a lunghissima catena come il C20:5,n3 (EPA) e il C22:6,n3 (DHA), presenti nei pesci e nelle alghe, hanno la capacità di inibire la sintesi delle prostaglandine da parte delle cellule dell'endometrio e quindi esercitare un effetto luteotrofico o meglio anti-luteolitico molto importante. È necessario tuttavia ricordare che i PUFA, per esercitare il loro effetto, devono essere assorbiti in quantità adeguate a livello intestinale. Per questo è necessario chiedersi e verificare quale meccanismo di protezione naturale, come ad esempio il cotone integrale, o chimico-fisico, come la saponificazione, l'idrogenazione o la microincapsulazione, è stato adottato.

**LE VITAMINE E GLI OLIGOELEMENTI**

Il ruolo che le vitamine, soprattutto quelle liposolubili e alcuni oligoelementi, hanno sulla fertilità sono note e i loro fabbisogni consolidati. La totalità delle diete per vacche in lattazione prevedono l'aggiunta di un *pool* di vitamine e oligoelementi, ritenendo che gli alimenti di base ne siano privi o comunque contengano delle quantità insufficienti per i fabbisogni degli animali. La fonte più autorevole dove apprendere i fabbisogni di questi nutrienti è, come abbiamo già visto, l'NRC 2001 (tabella 2). Per ogni fase del ciclo produttivo e per ogni fascia di produzione esiste uno specifico fabbisogno di vitamine e di oligoelementi. A volte, sia nella pratica veterinaria sia in quella zootecnica, si sospetta una carenza di qualche specifica vitamina oppure di qualche oligoelemento, in particolare di quelli che appartengono al sistema antiossidante dell'organismo come il selenio, lo zinco, il manganese e il rame. Il sospetto di carenza si ha quando inoculando *pool* vitaminici e di oligoelementi si vede un effetto positivo sull'attività ovarica o addirittura immunitaria oppure se ne ha la certezza quando si vanno a dosare questi nutrienti nel latte, nel siero, nei peli o nelle biopsie epatiche. In questi casi si moltiplica per due (2X) o per tre (3X) l'apporto complessivo di oligoelementi e vitamine, oppure si utilizzano fonti più assimilabili di questi nutrienti, come quelle organiche.