

1. MORFO-FISIOLOGIA DEI RUMINANTI

1.1 L'evoluzione dei ruminanti e della ruminazione

I Ruminanti si sono, verosimilmente, evoluti a partire da antenati monogastrici. Come facciamo a saperlo? Nel cane esiste una malformazione congenita (ossia che si presenta fin dalla nascita), detta «megaesofago»: il tratto toracico dell'esofago è fortemente dilatato (Figura 1.1).

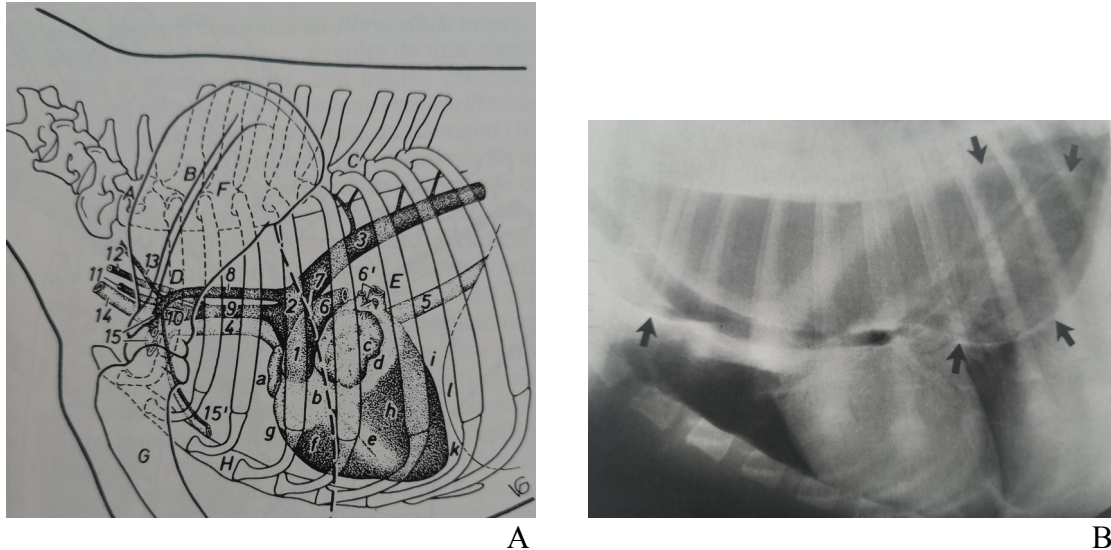


Figura 1.1 (A): posizione del cuore nel cane; (B): cane Danese, ♀, di 6 mesi, affetto da rigurgito da tre mesi. Il tratto intratoracico dell'esofago è dilatato e pieno d'aria (le frecce indicano le pareti esofagee). Diagnosi: **megaesofago**. Da Nickel et al., 1992; Burk & Ackerman, 1991.

Siccome il sintomo del megaesofago è il rigurgito, è possibile formulare la seguente ipotesi: nell'Eocene inferiore (~ 50 milioni di anni fa) nacque un individuo, appartenente ad una specie estinta di erbivoro monogastrico, affetto da megaesofago, avendo ereditato, per motivi casuali, dai genitori le mutazioni genetiche responsabili di tale anomalia. Il tratto dilatato dell'esofago doveva essere, tuttavia, non quello toracico ma quello addominale, post-diaframmatico. L'esofago, infatti, dopo essersi originato dalla **faringe** (vedi più avanti), ed aver percorso il collo e la cavità toracica, entra nella cavità addominale attraversando il diaframma (grazie alla presenza in quest'ultimo di un'apposita apertura detta **iato esofageo** – Figura 1.2 C).

Ricapitolando, la dilatazione doveva trovarsi tra lo iato esofageo e lo sfintere cardiaco, che regola lo sbocco dell'esofago nello stomaco. Tutto ciò è dimostrato dal fatto che la parete dei prestomaci dei ruminanti è rivestita internamente da un epitelio pavimentoso stratificato (non cheratinizzato), come quello dell'esofago (Figura 1.2 D-E).

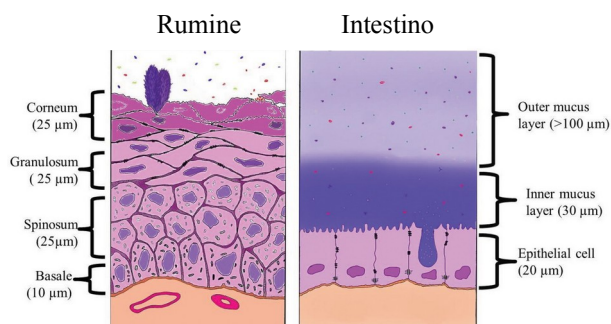
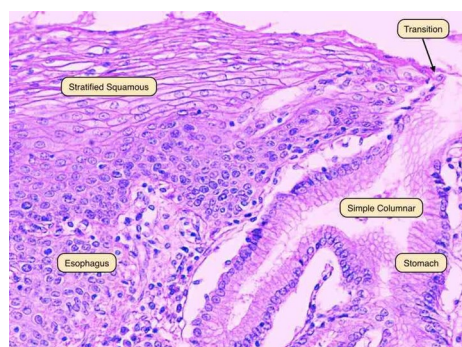
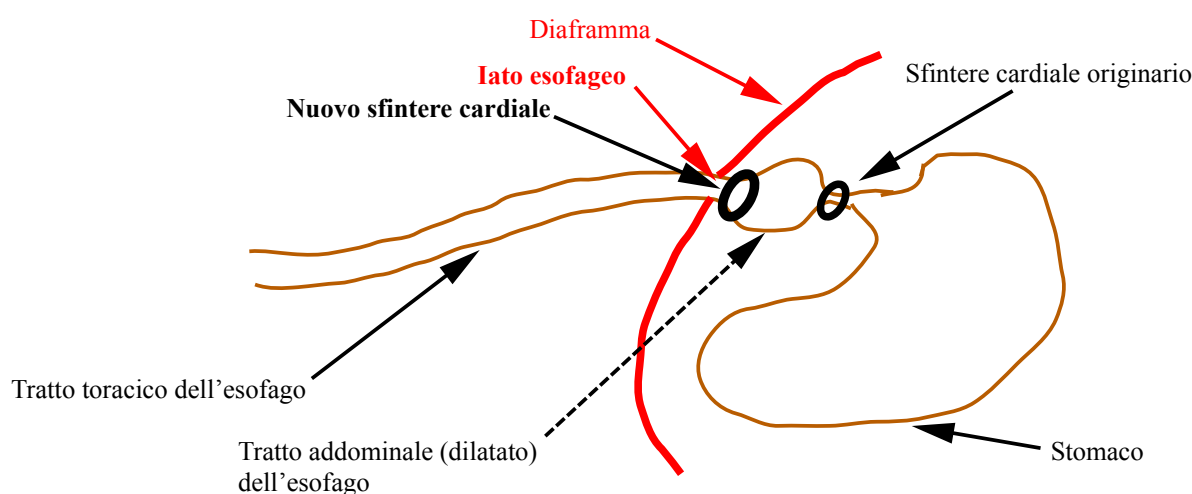
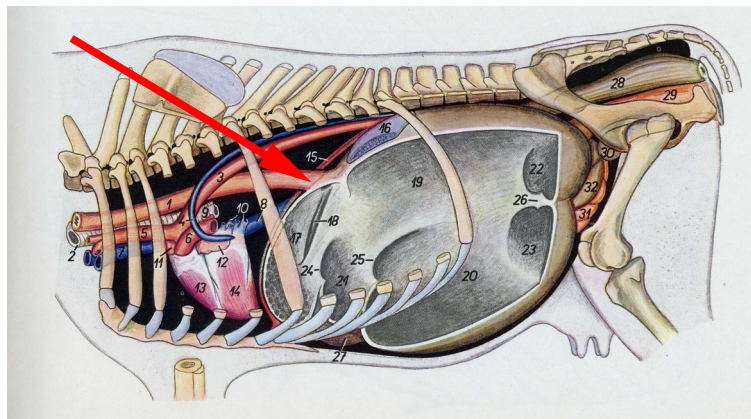
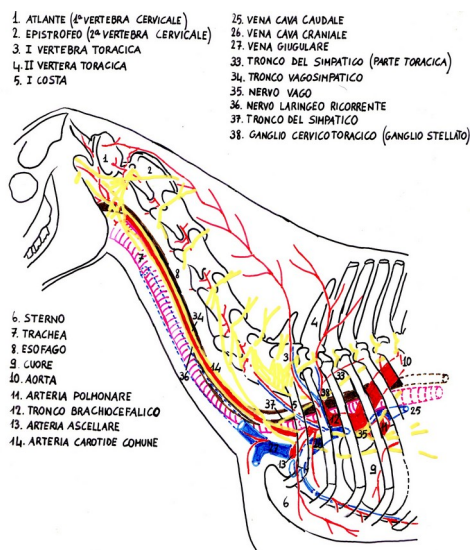


Figura 1.2 (A) Anatomia del collo nel cavallo (dissezione profonda, lato sinistro); (B) Anatomia degli organi interni di un bovino: lato sinistro, dissezione profonda (la freccia indica l'esofago). Da Popesko, 1980 (mod.). (C) Schema dell'ipotesi di formazione dei prestomaci a partire da una dilatazione del tratto post-diaframmatico dell'esofago. (D) L'epitelio dell'esofago (pavimentoso stratificato non cheratinizzato) è dello stesso tipo di quello del rumine (E) e si differenzia da quello dello stomaco e dell'intestino, che è di tipo prismatico semplice. Da <https://medicinebtg.com/wp-content/uploads/2017/06/the-Epithelium-Of-The-Esophagus-esophagus-american-english-or-oesophagus-british-commonly-known-as-epithelium-of-has-a-jpg>; Steele et al., 2016.

Contestualmente, doveva anche essersi formato un altro sfintere, in posizione più prossimale, ossia poco oltre il diaframma (nuovo sfintere cardiaco, Figura 1.2 C); solo così, infatti, nel tratto di esofago dilatato compreso fra i due sfinteri si sarebbero potute instaurare condizioni favorevoli alla germinazione delle spore batteriche introdotte insieme al foraggio. Queste ultime, infatti, si sarebbero fermate nel primo tratto del tubo digerente dell'animale in cui avrebbero rilevato la presenza di condizioni adatte alla propria germinazione e, quindi, alla formazione delle cellule batteriche, in primo luogo l'assenza di ossigeno (anossia), trattandosi di batteri anaerobi obbligati. In assenza di megaesofago, invece, le spore medesime avrebbero proseguito fino all'intestino crasso, ossia fino al cieco ed al colon, ossia fino alla camera di fermentazione della cellulosa e degli altri polisaccaridi vegetali, che negli erbivori monogastrici (comprese le specie recenti come il cavallo) si trova a valle rispetto allo stomaco. A questo punto, il nostro antenato dei ruminanti affetto da megaesofago addominale congenito avrebbe manifestato, quale sintomo di tale malformazione, il rigurgito (esattamente come si osserva nei cani) e, una volta che il bolo di foraggio gli fosse tornato nel cavo orale, lo avrebbe «istintivamente», come comportamento innato, rimasticato e, quindi, deglutito nuovamente.

1.2 Cenni di fisiologia dell'apparato digerente dei ruminanti

1.2.1 Il reticolo

Ecco che quindi, si delinea la caratteristica fondamentale della ruminazione, ossia della digestione specializzata dei ruminanti; il fatto che il cibo venga masticato due volte, e non una soltanto come nei monogastrici. e che la prima masticazione sia frettolosa ed approssimativa mentre la seconda lenta ed accurata, comporta una serie di innegabili vantaggi:

1) si riduce il tempo durante il quale l'animale, essendo impegnato a mangiare, «si distrae» esponendosi al rischio di essere predato: infatti, il pascolo potrebbe trovarsi in una zona aperta, frequentata da predatori; l'erbivoro, quindi, «ha fretta»: dovendo introdurre la maggior quantità possibile di erba nel minor tempo, non può dedicare molto tempo alla masticazione;

2) nei ruminanti ogni sessione di alimentazione si conclude quando il rumine è pieno; allora l'animale inizia a rigurgitare un bolo, ossia una pallottola di foraggio compattato con la saliva, alla volta ed a rimasticarlo con lenti movimenti laterali (detti anche «**movimenti di diduzione**») della mandibola rispetto all'osso mascellare, cosicché le tavole dentarie, ossia le superfici di occlusione dei denti, con cui i denti delle due arcate, inferiore e superiore, entrano in contatto, agiscono come una mola, schiacciando semi e fibre dure di foraggio.

Alla fine di ogni sessione di alimentazione, il rumine ed il reticolo contengono soprattutto materiale grossolano, formato da fibre vegetali lunghe; queste ultime, avendo un volume elevato e, quindi, un rapporto superficie / volume basso (es. un cubo di lato = 100 avrà un rapporto superficie / volume = $100 \times 100 \times 6 / 100^3 = 60000 / 1000000 = 6 / 100 = 0,06$), sono meno dense e, perciò, si concentrano nella parte superiore della colonna d'acqua che forma il succo rumino-reticolare. In altri termini, avendo una superficie di assorbimento relativamente piccola ma un grande volume da riempire di liquido, rimangono più asciutte ed affiorano (Figura 1.3), dal momento che la loro densità sarà minore di quella dell'acqua (1 g / ml). Le particelle fini, invece, che residuano dalla sessione di ruminazione precedente, si distribuiscono nella parte inferiore della colonna liquida poiché hanno un rapporto superficie / volume più alto (es. un cubo di lato = 10 avrà un rapporto superficie / volume = $10 \times 10 \times 6 / 10^3 = 600 / 1000 = 0,6$) e sedimentano sul fondo del reticolo e del sacco ventrale del rumine, un po' come le particelle di polpa d'arancia in un bicchiere di spremuta d'arancia (Figura 1.4 B).

Il contenuto dei primi due prestomaci è, dunque, sempre più o meno eterogeneo dal punto di vista delle dimensioni delle fibre di foraggio e delle particelle alimentari in generale. Questo è un grosso problema dal punto di vista «ingegneristico»: perché? l'aspetto problematico è rappresentato dal fatto che, all'inizio di ogni sessione di ruminazione, non appena il primo bolo mericico viene deglutito dall'animale, dopo essere stato rigurgitato e rimasticato, il materiale fine che lo forma si rimescola, inevitabilmente, con quello grossolano già presente nel rumine e nel reticolo.

Tuttavia, affinché la ruminazione sia efficiente, è necessario che venga rigurgitato materiale alimentare prevalentemente (se non proprio esclusivamente) grossolano; quello finemente sminuzzato attraverso la seconda masticazione, invece, dovrebbe proseguire verso il terzo prestomaco (l'omaso), per due motivi:

1) essendo fine, il tempo che esso ha trascorso nel rumine è sufficiente a far sì che tale materiale sia stato adeguatamente fermentato dai batteri, tanto che un'ulteriore permanenza di tale materiale nella camera di fermentazione non apporterebbe vantaggi significativi, poiché, verosimilmente, la quantità di cellulosa fermentata diminuisce in modo esponenziale al trascorrere del tempo;

2) affinché possa iniziare una nuova fase di alimentazione, è necessario che il rumine si svuoti almeno parzialmente; ciò significa che il materiale fine deve abbandonare il rumine per far spazio a nuovo foraggio.

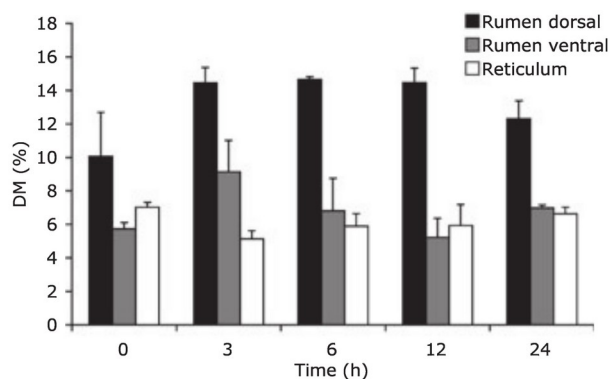
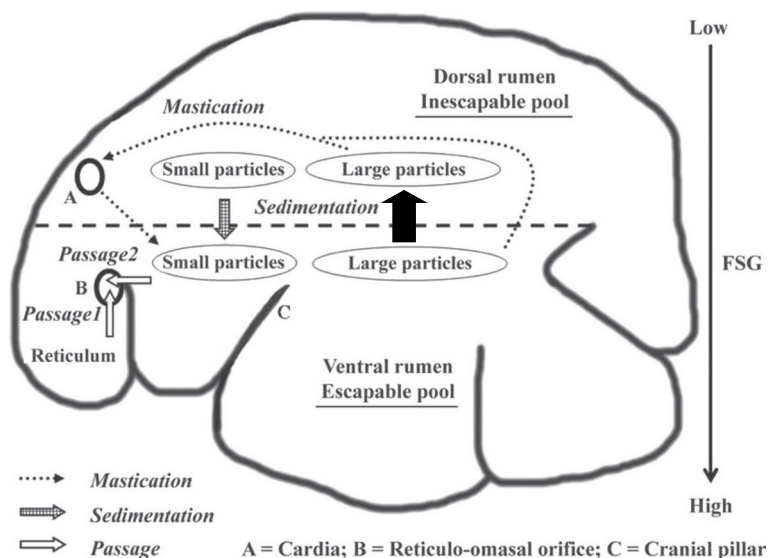


Figura 1.3 Sostanza Secca (DM, % del tal quale) del contenuto dei prestomaci (sacco dorsale del rumine, sacco ventrale del rumine, reticolo) in tre bovini, in funzione del tempo trascorso dall'inizio del pasto a base di fieno. L'altezza delle barre rappresenta la media \pm la deviazione standard. Da Hummel *et al.*, 2009.



A

B

Figura 1.4 (A) Le particelle alimentari all'interno del rumine e del reticolo si stratificano in base alle loro dimensioni, in modo simile a quelle di polpa d'arancia in un bicchiere di spremuta (B). Da Beauchemin, 2018.

La separazione delle fibre di foraggio in base alle loro dimensioni è un fenomeno puramente fisico, che avviene in modo spontaneo, ma non è di per sé sufficiente a garantire un corretto smistamento del materiale alimentare. A ciò provvede il reticolo, il quale agisce come un vero e proprio setaccio, compiendo due contrazioni distinte ma ravvicinate nel tempo, le quali si svolgono, però, con modalità diverse. La maggior parte delle particelle alimentari presenti nel rumine ha dimensioni comprese tra 200 e oltre 1200 μ m (1,2 mm); solo quelle più piccole di 1,2 mm possono abbandonare il rumine (Martz & Belyea, 1986).

Il ciclo ruminativo può, allora, essere così schematizzato:

- 1) chiusura dello sfintere reticolo-omasico (Figura 1.5) e successiva contrazione della parete del reticolo: il contenuto di tale prestomaco viene compresso ma, non potendo fluire verso l'omaso, viene spinto verso l'alto, ossia verso la regione cardiale del sacco dorsale del rumine (la porzione di parete del rumine che si trova in prossimità del cardias); per quanto detto sopra, il materiale alimentare che viene spinto verso il cardias è prevalentemente formato da fibre di grandi dimensioni;
- 2) inspirazione a glottide chiusa: la glottide è la parte più stretta della laringe (Figura 1.6 B).

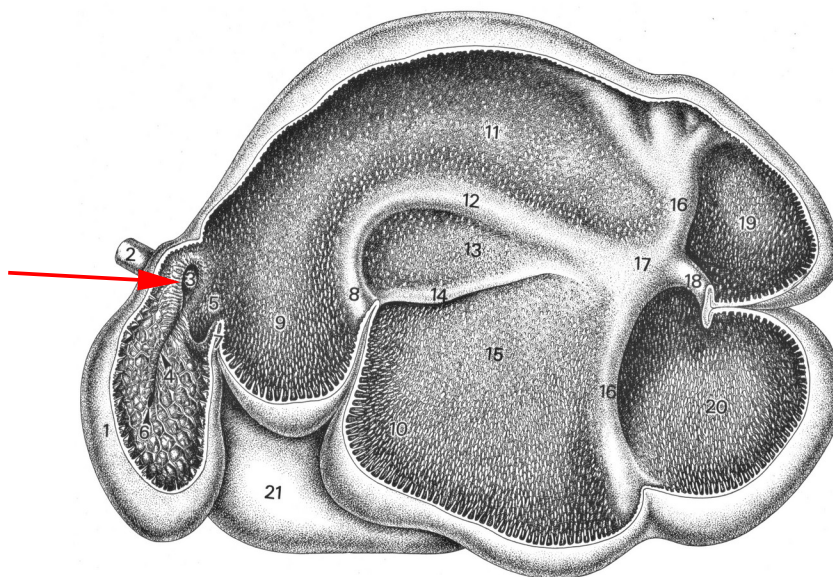
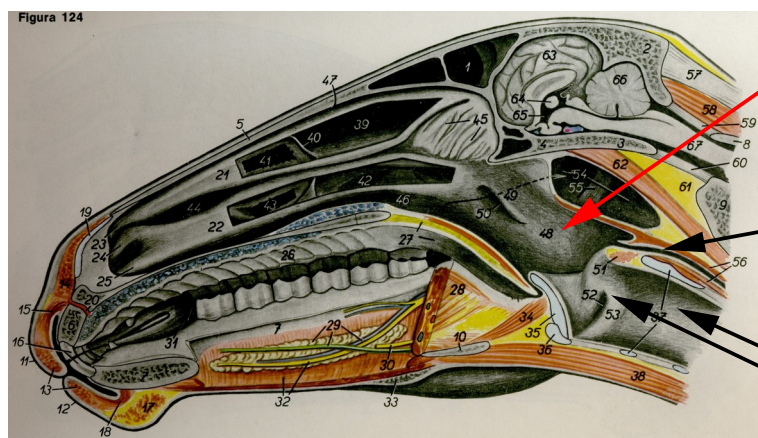


Figura 1.5 Conformazione interna del rumine e del reticolo di bovino; sezione sagittale, metà sinistra della sezione; la freccia indica il cardias. Da Bortolami *et al.*, 1985.



A

B

Figura 1.6 (A) Sezione sagittale della testa di cavallo; (B) laringe vista anteriormente. Da Popesko, 1980; <https://adams-voice.com/blog/vocal-anatomy>.

Siccome il torace si espande (anche per l'arretramento del diaframma) ma l'aria non entra nei polmoni, questi ultimi non si espandono nella cavità toracica aumentata di volume; in quest'ultima, pertanto, la pressione diventa negativa (minore di quella atmosferica), dal momento che la stessa quantità di aria si distribuisce in un volume intratoracico maggiore; all'esterno dell'esofago (ossia nella cavità toracica), quindi, la pressione sarà minore che al suo interno: infatti l'esofago è collegato all'ambiente esterno tramite la faringe ed il cavo orale. Quindi la parete esofagea si espande: nell'esofago la pressione diventa negativa ed il bolo mericico vi viene conseguentemente risucchiato, grazie alla contemporanea dilatazione del cardias. A questo punto la contrazione antiperistaltica, ossia dal cardias verso la faringe, della parete esofagea, che è provvista di un robusto strato muscolare, spinge il bolo verso la bocca.

3) Rilasciamento della parete del reticolo;

4) Dilatazione dello sfintere reticolo-omasico;

5) Seconda contrazione del reticolo: il materiale reticolare, ormai prevalentemente costituito da particelle fini, soprattutto nella parte bassa della cavità del prestomaco, in prossimità dell'orifizio reticolo-omasico (la stretta apertura che collega il reticolo all'omaso), passa dal reticolo all'omaso.

Si realizza, così, un vero e proprio processo di smistamento delle fibre di foraggio, e delle particelle alimentari in generale, in base alle loro dimensioni.

1.2.2 Il ruminale

La **motilità ruminale**, invece, consiste in un'unica onda di contrazione che, dopo essersi originata in corrispondenza del fondo cieco ventrale del ruminale, si propaga al sacco dorsale spingendo la bolla gassosa verso il cardias (Figura 1.7).

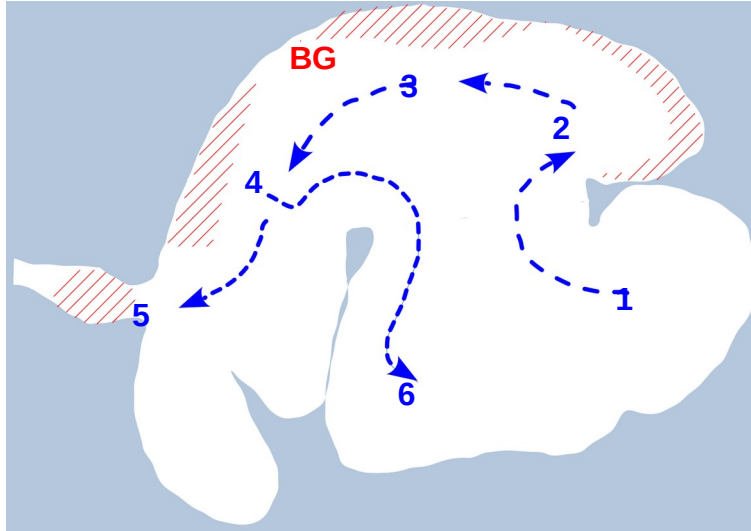


Figura 1.7 Spostamento dei gas di fermentazione durante le contrazioni del ruminale che caratterizzano il «ciclo B» o dell'eruttazione: (1) contrazione della parete del fondo cieco ventrale: la bolla gassosa (BG), formatasi nel fondo cieco dorsale (2), si sposta lungo la parete del sacco dorsale (3-4) per entrare, infine, nell'esofago attraverso il cardias (5). Il ciclo «B» si conclude con la contrazione del sacco ventrale del ruminale. Da Beghelli, 1992 (mod.).

Il riflesso di apertura del cardias (riflesso dell'eruttazione), che consente l'evacuazione dei gas ruminali, si blocca se la regione cardiale della parete del sacco dorsale del ruminale, che è provvista di recettori (cellule nervose recettrici periferiche) sensibili allo stato di tensione della parete ruminale, è sommersa di liquido, come avviene in caso di decubito laterale (cioè se l'animale è sdraiato su un fianco) o di schiuma. Nel secondo caso si realizza una condizione patologica, definita «**meteorismo schiumoso**», frequente un tempo quando era diffusa l'usanza di seminare il trifoglio nei campi di frumento in primavera, come sistema di rotazione colturale. Dopo la mietitura, già in autunno, se l'estate non fosse stata eccessivamente arida, oppure, in caso contrario, nella primavera successiva, si sarebbe sviluppato un erbaio di trifoglio in cui la mandria di bovine sarebbe stata condotta al pascolo. Tuttavia, siccome le leguminose contengono sostanze schiumogene (saponine), se non si aveva l'accortezza di effettuare una distribuzione di fieno agli animali prima della loro uscita al pascolo, si correva il rischio che l'ingestione di eccessive quantità di trifoglio provocasse, appunto, il meteorismo schiumoso. Questa patologia, a differenza del meteorismo gassoso, non può essere risolta semplicemente facendo ricorso ad una sonda esofagea, la quale non consente la fuoriuscita della schiuma, ma solo attraverso un intervento chirurgico.

Il ruminale, contraendosi, rimescola il proprio contenuto cosicché il materiale fine, che si trova in sospensione nel sacco ventrale, viene riportato in alto e può passare nel reticolo (Figura 1.8), evitando, così, di sedimentare sul fondo del ruminale stesso dove, in assenza di contrazioni ruminali, resterebbe intrappolato.

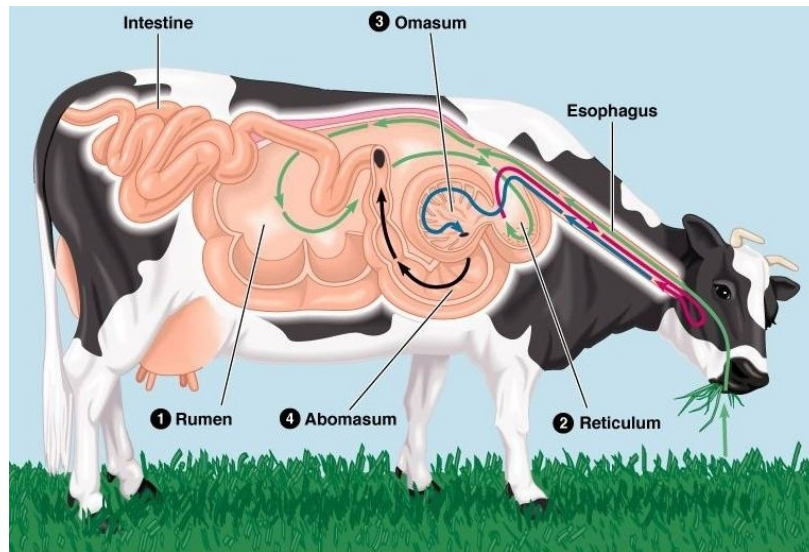


Figura 1.8 Schema della ruminazione.

Freccia verde: il bolo alimentare, dopo essere stato masticato sommariamente, viene deglutito e percorre l'esofago, spinto dalle contrazioni peristaltiche della parete di quest'ultimo, e, dopo aver attraversato il cardias, si distribuisce nella parte alta del rumine (e del reticolo), essendo formato da fibre vegetali grosse ma, in ogni caso, al di sotto della bolla gassosa; il rumine, contraendosi, spinge questo materiale grossolano nel reticolo;

freccia rossa: spinto dalla prima delle due contrazioni reticolari, che avviene con lo sfintere reticolo-omasico chiuso, il materiale grossolano attraversa il cardias (che nel frattempo si è dilatato) e viene aspirato nell'esofago, le cui contrazioni antiperistaltiche fanno sì che il «bolo mericico» percorra l'esofago stesso in direzione craniale, dal cardias verso la faringe; dopo essere stato rimasticato, il bolo mericico viene deglutito;

freccia blu: il bolo mericico appena deglutito percorre l'esofago in senso cranio-caudale e, dopo aver nuovamente attraversato il cardias, si distribuisce nella parte inferiore della colonna liquida all'interno sia del reticolo sia del sacco ventrale del rumine (nel disegno sembra che questo materiale entri direttamente nel reticolo subito dopo aver attraversato il cardias ma non è così); successivamente, la seconda contrazione del reticolo spinge il materiale fine nell'omaso attraverso l'orifizio reticolo-omasico, che si era, nel frattempo, dilatato;

freccia nera: il materiale fine percorre l'abomaso.

Da http://www.mun.ca/biology/scarr/142097_ruminant_digestion.jpg.

1.2.3 L'abomaso

l'abomaso dei ruminanti viene anche detto «stomaco ghiandolare» a causa della presenza, nella sua parete, di numerose ghiandole esocrine (Figura 1.9).

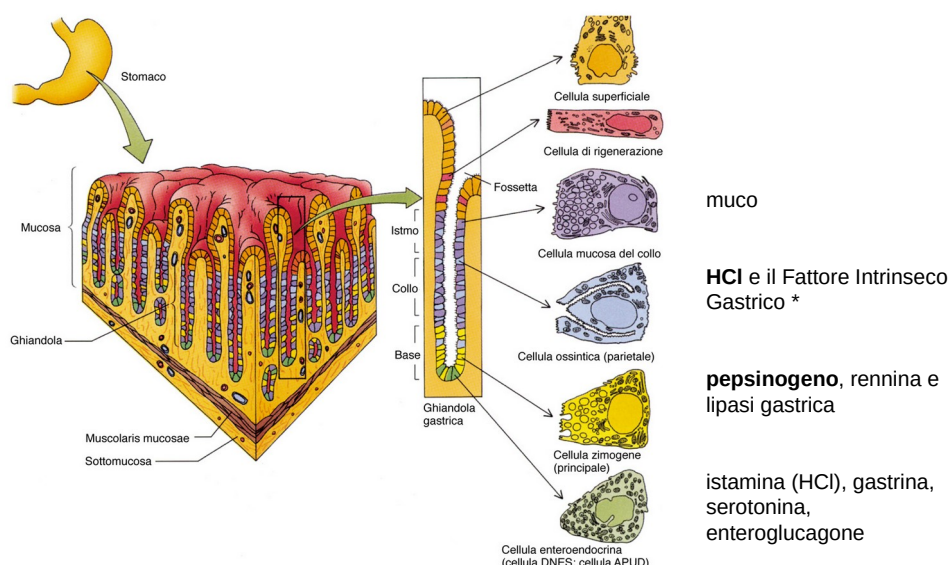


Figura 1.9 Le ghiandole della parete dello stomaco.

Tra i vari secreti delle ghiandole della parete dello stomaco, i più importanti sono:

- 1) l'**acido cloridrico** (HCl): è un acido forte, che nel succo gastrico si dissocia completamente in H^+ e Cl^- ; ciò fa sì che il succo gastrico stesso sia una soluzione fortemente acida ($pH \sim 2$), che risulta letale per i batteri ruminali. Quando il materiale alimentare entra nell'abomaso, questi ultimi, di cui tale materiale è estremamente ricco, muoiono, trasformandosi in spoglie batteriche.
- 2) il **pepsinogeno**, un precursore della pepsina, enzima proteolitico che catalizza la reazione di idrolisi (rottura per mezzo dell'acqua) dei legami peptidici che tengono uniti tra loro gli aminoacidi delle proteine, comprese quelle dei batteri ruminali, che vengono, così, digerite.

1.3 Il comportamento alimentare delle bovine da latte

Nei ruminanti in generale e nelle bovine da latte ad alta produzione in particolare, la masticazione svolge un ruolo essenziale nel mantenere alti livelli di assunzione di alimenti nonché un'efficiente funzione digestiva. I ruminanti masticano il foraggio (e gli alimenti concentrati) una prima volta quando mangiano; successivamente il cibo viene rigurgitato e rimasticato attraverso il processo della **ruminazione** che, da un lato, riduce le dimensioni delle particelle alimentari e, dall'altro, è associato alla secrezione di abbondanti quantità di saliva. Quest'ultima non solo lubrifica il bolo facilitandone la deglutizione, ma è anche un importante sistema tampone che mantiene il pH del rumine su valori ottimali per la digestione microbica degli alimenti. Inoltre la rottura delle pareti vegetali durante la ruminazione agevola la colonizzazione microbica dei frammenti vegetali ed il passaggio dei più piccoli di questi nei tratti successivi del tubo digerente. Se la bovina dedica un tempo sufficiente alla

ruminazione si riduce il rischio di acidosi ruminale ed aumentano sia la digestione della fibra che la Dry Matter Intake (DMI, ingestione di sostanza secca).

Per la prensione del foraggio viene usata soprattutto la lingua (<https://www.youtube.com/watch?v=uHwDdnP933E>). Il rigurgito si verifica in seguito ad una contrazione soprannumeraria del reticolo, che precede la solita doppia contrazione delle pareti del prestomaco; una volta raggiunto il cavo orale, le particelle di piccole dimensioni vengono subito deglutite, mentre la frazione restante del materiale alimentare viene rimasticata per 30÷70 s, per poi essere deglutita anch'essa. Il bolo successivo viene rigurgitato da 2 a 4 secondi dopo; quindi l'intero ciclo si ripete. Le sessioni di ruminazione, durante ciascuna delle quali più boli vengono rigurgitati, durano da 30 secondi a 2 ore, e possono essere fino a 20 al giorno. Dal punto di vista fisiologico, il tempo massimo che può essere dedicato alla ruminazione è di 10÷12 h/die, soprattutto se la razione è molto ricca di foraggio (Beauchemin, 2018), ma ciò si verifica raramente nelle bovine da latte alimentate con razioni miste foraggi-concentrati (Figura 1.10).

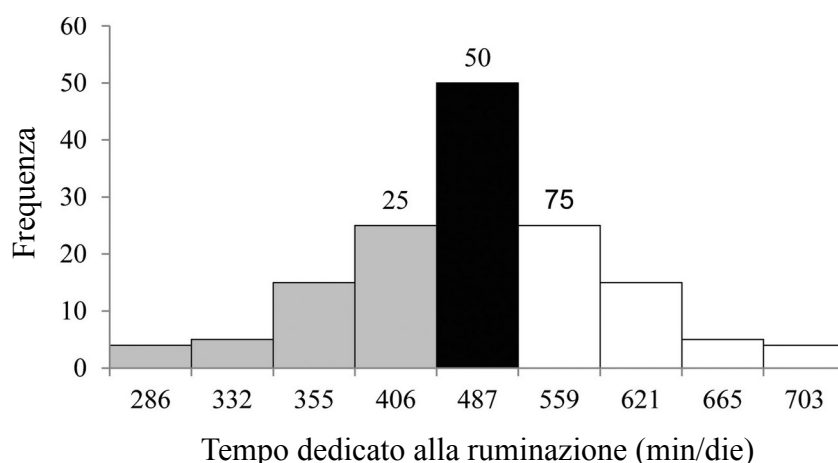


Figura 1.10 Distribuzione di frequenza delle bovine in funzione del tempo dedicato alla ruminazione (min/die). Le barre grigie indicano il 25° percentile delle bovine classificate come animali che ruminano poco (*low ruminating animals*), quelle bianche il 75° percentile delle bovine classificate come animali che ruminano tanto (*high ruminating animals*). Da Watt *et al.*, 2015.

☑ Box 1.1 Come misurare il comportamento alimentare?

La giornata tipica di un animale domestico è suddivisa in una serie di pasti, separati da intervalli di tempo in cui le bovine si dedicano ad altre attività (abbeverata, riposo, mungitura, interazione sociale). Quando si misura il comportamento alimentare degli animali, la principale difficoltà che si incontra è distinguere tra gli intervalli tra i pasti e le pause, più brevi, all'interno di uno stesso pasto: diversi tipi di intervalli, infatti, possono separare le visite alla corsia di alimentazione. In alcuni casi, la bovina può semplicemente sollevare la testa per pochi secondi per guardarsi intorno. In altri, essa si può allontanare dalla corsia per meno di un minuto qualora venga scacciata da una vacca dominante e debba spostarsi in un'altra posta, per parecchi minuti per accedere ad una vasca per l'abbeverata o, infine, per più tempo se va a sdraiarsi in una cuccetta. Si tratta, pertanto, di individuare un intervallo di tempo significativamente più lungo rispetto alla durata media delle pause tra una sessione di alimentazione e l'altra: tale intervallo, detto «**criterio del pasto**» (*meal criterion*) è l'intervallo di tempo minimo che deve intercorrere tra una visita alla corsia di alimentazione e l'altra affinché due accessi successivi possano essere considerati pasti diversi (DeVries *et al.*, 2003).

In una ricerca condotta da Dado & Allen (1994), bovine che produssero 33,1 kg di latte / die al 3,3% di grasso ed al 3,1% di proteina, consumarono ~ 22,8 kg di sostanza secca in **11 sessioni di alimentazione al giorno** della durata di 28,8 min. La razione apportava 7,0 kg di NDF (30,7%); le bovine trascorsero 301 min al giorno a mangiare, 758 a masticare di cui 457 dedicati alla ruminazione (seconda masticazione), e 18,5 a bere (Tabella 1.1).

AUTORI	Peso corporeo (kg)	Quantità di latte prodotta al 4% di grasso (kg/die)	Ingestione di Sostanza Secca (kg/die)	Tempo totale dedicato a... (min/die)			T di ruminazione (min / kg di NDF)
				Mangiare	Masticare	Ruminare	
Dado & Allen, 1994	?	29,62	22,8	301	758	457	66,6
Beauchemin & Buchanan-Smith, 1989	601	22,9	18,2	237	651	413	75
Maekawa <i>et al.</i> , 2002	614,5	26,11	18,15	236,5	770,5	534	99,5
MEDIA	607,75	26,21	19,72	258,17	726,5	468	80,37

Tabella 1.1 Il comportamento alimentare di un ruminante può essere studiato misurando il tempo che l'animale dedica alle varie attività: consumo degli alimenti (tempo dedicato alla prensione, alla prima masticazione ed alla deglutizione), masticazione (comprensiva di prima e seconda) e ruminazione (rigurgito, seconda masticazione e successiva deglutizione). Sono riportati i valori dei suddetti parametri nel caso di razioni che apportano circa il 30% di NDF sulla sostanza secca.

In un altro studio, che coinvolse 515 bovine da latte in 7 esperimenti con 37.233 bovine*giorni, furono registrate 1.251.156 visite alla corsia di alimentazione che si tradussero in una media di **7,7 pasti al giorno**, in cui ogni accesso veniva considerato come parte dello stesso pasto se si verificava entro 29 minuti da quello precedente (De Mol *et al.*, 2016).

In **assenza di competizione alimentare** (Figura 3.7), il tasso di consumo degli alimenti è più elevato subito dopo la distribuzione di una TMR (*Total Mixed Ration* o razione alimentare mista foraggi-concentrati) e si riduce al trascorrere del tempo con il progressivo riempimento del rumine. Viceversa, in **situazioni di competizione alimentare** (Figura 3.6), l'incremento del tasso di consumo della razione (kg di DM/min) potrebbe non essere sufficiente a compensare il minor accesso alla corsia di alimentazione, limitando, così, la quantità di sostanza secca ingerita.

In un esperimento condotto da Munksgaard *et al.* (2005) in Danimarca, bovine di razza frisona danese che, nell'arco della giornata, avevano libero accesso alla corsia di alimentazione, alla zona di riposo nonché alle interazioni sociali soltanto per un certo periodo di tempo (23, 15 e 12 h rispettivamente), ridussero la quantità di alimento ingerita in misura minore di quanto atteso in funzione del minor tempo dedicato ad alimentarsi: le bovine riuscirono a mantenere elevato il consumo di alimenti, rispetto al controllo, anche quando l'accesso alla risorsa era limitato a sole 12 ore, contenendo, così, anche il conseguente calo produttivo (Figura 1.11).

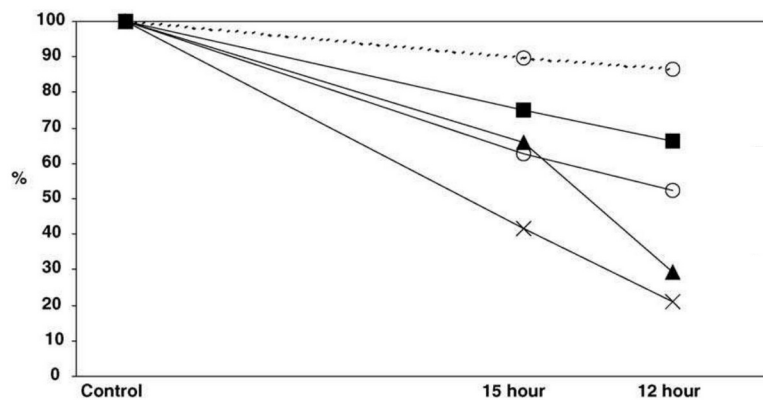


Figura 1.11 Tempo dedicato a varie attività, espresso come percentuale rispetto al gruppo di controllo, da bovine sottoposte a restrizione temporale dell'accesso alle risorse, in funzione del tempo disponibile.

- quantità di alimento ingerita;
- tempo dedicato a mangiare;
- tempo dedicato al riposo;
- ▲— tempo dedicato alle interazioni sociali;
- ×— altro.

Da Munksgaard *et al.*, 2005.

L'effetto di un **insufficiente numero di poste autocatturanti** sulla competizione alimentare fra bovine da latte è stato studiato in Svezia da Olofsson (1999) su due gruppi di bovine da latte di razza pezzata rossa svedese, caratterizzati da un rapporto N° di bovine / N° di autocatturanti di 1:1 e di 4:1, rispettivamente (Figura 1.12).

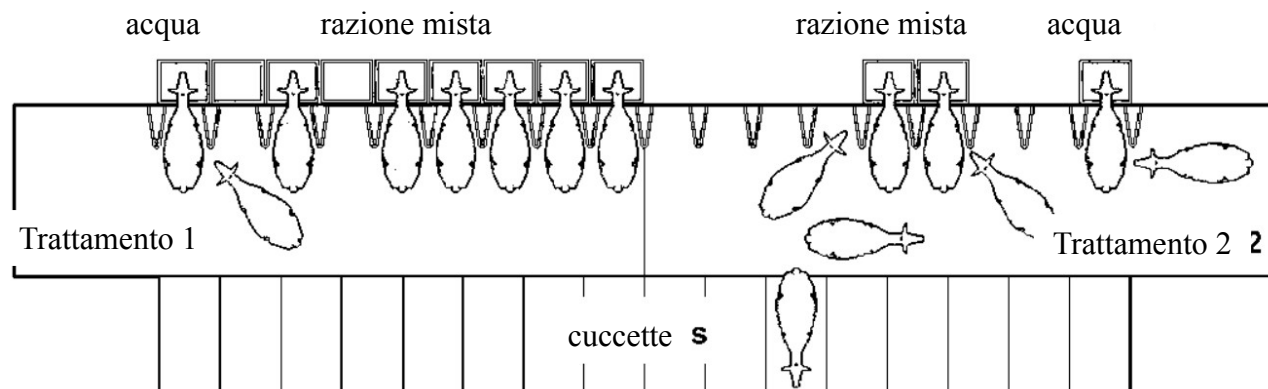


Figura 1.12 L'esperimento di Olofsson (1999).

Una razione mista foraggi-concentrati molto umida (sostanza secca compresa fra il 43 ed il 48% del totale) veniva distribuita in modo tale che l'alimento fosse sempre presente in mangiatoia affinché gli animali lo potessero consumare *ad libitum* (come si fa in molte aziende della Pianura Padana), ossia durante le due mungiture e, se necessario, anche a metà giornata nonché a mezzanotte, in condizioni climatiche verosimilmente simili a quelle del semestre freddo in Italia settentrionale.

Le bovine sottoposte a forte competizione alimentare compensarono il minor accesso alla corsia di alimentazione consumando quantità leggermente maggiori di alimento grazie ad un **significativo incremento del tasso di consumo** (+27%), ossia della quantità di razione consumata per unità di tempo. Pertanto l'aumento della competizione alimentare non si tradusse in un calo produttivo né in maggiori problemi di salute (nonostante più tempo venisse trascorso in piedi dalle bovine del secondo gruppo).

In caso di insufficiente numero di poste autocatturanti (Figura 3.6), se la razione viene distribuita in modo tale che ne sia sempre presente una quantità sufficiente in mangiatoia per evitare la competizione alimentare, da maggio ad ottobre, al fine di prevenire fenomeni di «riscaldamento» della stessa, è possibile formulare una TMR più asciutta, come quella del Box 3.1, che contiene ~ l'87% di sostanza secca. Tuttavia, occorrerà mettere in conto un significativo calo dell'ingestione volontaria, come dimostra la decremento della concentrazione di grasso nel latte prodotto in estate, dovuta al fatto che le bovine, in condizioni di stress da caldo, scartano la componente della TMR che libera la maggior quantità di calore di fermentazione, ossia il fieno. Occorre sottolineare, però, che il fatto che il latte prodotto nella stagione calda sia più magro (Figura 1.13) viene generalmente attribuito al consumo di erba, anche al pascolo, in estate.

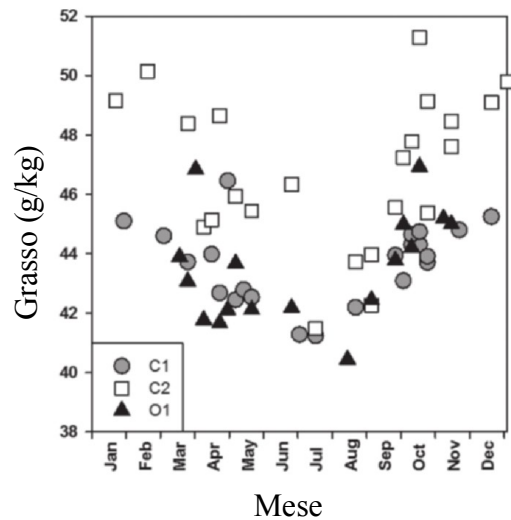


Figura 1.13 Variazione del contenuto di grasso nel latte prodotto in due aziende convenzionali (C1 e C2) ed in una biologica (O1) in Danimarca nel corso dell'anno. Da Larsen *et al.*, 2014.

Le bovine modificano il proprio comportamento per consumare la stessa quantità di alimento in minor tempo quando è necessario (Tabella 1.2), e ciò consente loro di ingerire la stessa quantità di sostanza secca anche in caso di competizione alimentare (Crossley *et al.*, 2017). Sono soprattutto le bovine subordinate a risentire dell'insufficiente numero di poste autocatturanti (DeVries *et al.*, 2004). **All'aumentare della competizione alimentare la quantità media di sostanza secca ingerita al giorno rimane pressochè invariata:** infatti, il minor tempo dedicato all'alimentazione viene compensato dal fatto che le bovine mangiano più velocemente (Tabella 1.2).

Il comportamento alimentare delle bovine è influenzato anche dal loro stato di salute: in caso di metrite o ritenzione placentare, gli animali mangiano di meno e rimangono in decubito nelle cuccette per più tempo (Figura 1.14).

	Livello della competizione alimentare		
	Basso (3 bovine / 3 autocatture)	Moderato (3 bovine / 2 autocatture)	Alto (3 bovine / autocattura)
Variabile			
Tempo di alimentazione (min/die)	202.6	194.9	183.6
Tasso di alimentazione (kg di SS / min)	0.16	0.18	0.20
Dry Matter Intake (kg/die)	29.3	29.0	29.1
Criterio del pasto (min)	38.3	36.2	58.6
Frequenza dei pasti (n°/die)	7.9	8.0	7.5
Intervallo tra un pasto e l'altro (min)	160.1	159.4	171.4
Consistenza del pasto (kg di SS / pasto)	3.9	3.9	4.3
Durata del pasto (min)	37.0	36.6	47.3
Pause durante i pasti (min)	10.0	10.8	20.3
Sostituzioni (n°/die)	2.7	3.6	4.1
Tempo di ruminazione (min/die)	514.1	513.9	511.6
Tempo dedicato al riposo (ore/die)	10.2	10.2	9.5

Tabella 1.2 Effetti di 3 diversi livelli di competizione sul comportamento alimentare, il tempo dedicato alla ruminazione ed al riposo in gruppi di bovine da latte di razza frisona. La frequenza dei pasti (n°/die) fu determinata in funzione del numero di intervalli di tempo fra una visita alla corsia di alimentazione e la successiva di durata maggiore della soglia (criterio del pasto) di ogni bovina. La durata dei pasti fu stimata come lasso di tempo intercorso tra l'inizio della sessione di alimentazione e la fine della medesima, indicata dal superamento del criterio del pasto. La dimensione del pasto (kg di SS / pasto) fu calcolata dividendo la DMI (Dry Matter Intake) per il numero dei pasti al giorno. Le sostituzioni sono definite come i casi in cui una vacca interagisce aggressivamente con un'altra, che stava occupando una posta autocatturante, e ne prende il posto. Da Crossley *et al.*, 2017.

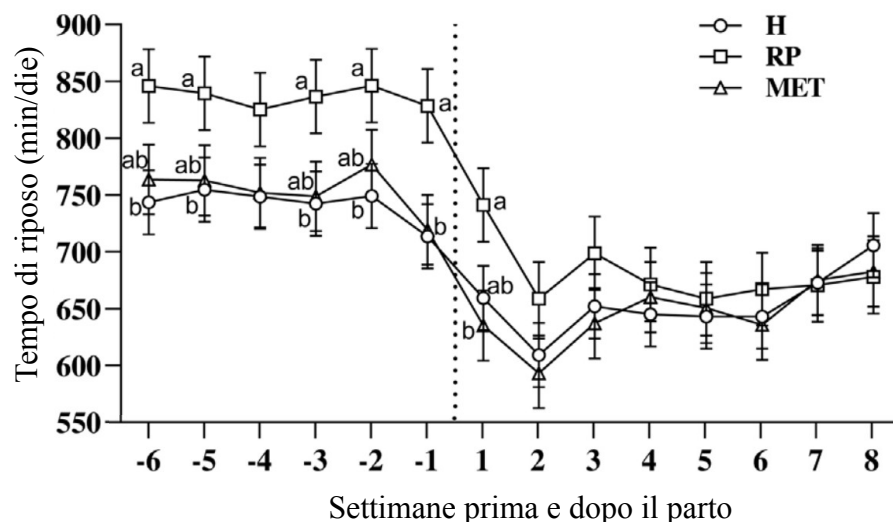


Figura 1.14 Tempo di riposo medio (\pm errore standard), in min/die, di bovine da latte di razza frisona, in funzione dello stato di salute: H, animali sani; RP, Ritenzione Placentare; MET, metrite. Da Cattaneo *et al.*, 2020.