

RESUMEN

Esta tesis tiene por objeto estudiar los efectos de la frecuencia e intervalo entre ordeños en la producción de leche, así como su relación con el tamaño de las cisternas mamarias y con la eyección de leche durante el ordeño. Para ello se realizaron 3 experiencias y se utilizaron un total de 42 vacas de raza Holstein.

En la 'Experiencia 1' (n = 13) se estudió la respuesta a la supresión de 1 ordeño/sem, en dos ensayos realizados en el último tercio de lactación. En el 'Ensayo 1.1' (n = 9), la supresión de 1 ordeño/sem produjo una pérdida de leche inferior al 4% (-1,1 l/d), sin afectar a su composición, recuento celular o persistencia de la lactación. La pérdida de leche no se relacionó con la producción diaria de leche, ni con el volumen de leche alveolar. Sin embargo, se relacionó negativamente con el área cisternal ($r = -0,70$), lo que es de gran interés aplicado. En el 'Ensayo 1.2' (n = 4), se estudiaron los efectos de la supresión de 1 ordeño/sem en la variación de la composición diaria de leche. El día de la supresión disminuyeron fuertemente la leche, grasa y células somáticas, que se vieron aumentadas de forma compensatoria en los 2 d siguientes. La lactosa y proteína de la leche no variaron de forma significativa. La composición de la leche regresó a sus niveles medios 3 d después de la supresión de 1 ordeño, lo que debe tenerse especialmente en cuenta a efectos de control lechero.

La 'Experiencia 2' (n = 4) estudió los efectos de distintos intervalos entre ordeños (4, 8, 12, 16 y 24 h) en la composición de la leche cisternal y alveolar en vacas lecheras. Las fracciones de leche cisternal y alveolar representaron como media el 30 y 70%, respectivamente, de la leche en la glándula y aumentaron de forma distinta según el intervalo entre ordeños. El contenido en grasa de la leche alveolar se mantuvo aproximadamente constante hasta las 16 h (4,6%), aumentando rápidamente hasta las 24 h (7,0%). Al contrario, la grasa de la leche cisternal disminuyó desde las 4 h (5,7%) hasta las 16 h (0,9%), para mantenerse después constante hasta las 24 h (1,0%). El aumento de la cantidad total de grasa al aumentar el intervalo entre ordeños fue mas marcado en la leche alveolar que en la cisternal, lo que evidencia la dificultad de paso de los glóbulos de grasa desde los alvéolos hasta las cisternas mamarias. El contenido en proteína de la leche fue mayor en los cuartos traseros que en los delanteros para ambas fracciones. La proteína de la leche cisternal y alveolar aumentó con el intervalo entre ordeños, sin observarse diferencias entre fracciones o cuartos de ubre.

La 'Experiencia 3' (n = 25) consistió en dos ensayos en los que se estudió la evolución de la leche cisternal a lo largo de la lactación y según el tiempo transcurrido desde la estimulación con oxitocina (OT). En el 'Ensayo 3.1' (n = 18), se estudió la evolución del tamaño de la cisterna de la ubre mediante ecografía y de las fracciones de leche cisternal y alveolar a lo largo de la lactación. Se observó una correlación positiva ($r = 0,80$) entre la leche cisternal y el área de las cisternas para diferentes estados de lactación. El área cisternal, y los volúmenes de leche cisternal y alveolar, disminuyeron al avanzar la lactación. En el 'Ensayo 3.2' (n = 7), se utilizó la ecografía para demostrar el retorno de la leche desde la cisterna a los alvéolos, cuando las vacas no son ordeñadas inmediatamente después del desencadenamiento de la eyección de leche. Para ello, después de una inyección i.v. de OT (5 UI/vaca) se midió el tamaño de las cisternas a distintos tiempos (0, 3, 15, 30 y 60 min). El área de las cisternas glandulares aumentó fuertemente (+93%) por efecto de la OT, alcanzando su máxima distensión (17 vs 9 cm²) a los 3 min, y disminuyendo posteriormente hasta los 60 min (13 cm²). La disminución del área cisternal sin evacuación de leche, evidencia la existencia del llamado 'reflujo cisternal' que sólo había sido demostrado anteriormente en ratones. Por otro lado, se señala que el máximo del área cisternal, para cada vaca, es independiente del intervalo entre ordeños y de la cantidad de leche almacenada en la ubre.

En conclusión todo parece indicar que existen nuevas posibilidades para modificar las estrategias convencionales de ordeño en vacuno lechero y que el estudio de las cisternas mamarias por ecografía puede ser una herramienta de especial utilidad en la práctica.

SUMMARY

The aim of this thesis was to study the effects of milking frequency and milking interval on milk production, as well as its relation to the mammary cistern size and milk ejection during milking. For this purpose, three experiments were carried out using a total of 42 Holstein cows.

In 'Experiment 1' (n = 13) the response to omitting one milking weekly was investigated in two successive trials conducted in the last third of lactation. In 'trial 1.1' (n = 8), the omission of one milking weekly reduced milk yield by less than 4% (-1.1 l/d) without affecting milk composition, somatic cell count (SCC) or lactation persistency. Milk yield loss was not related to daily milk yield or alveolar milk volume. However, milk loss was negatively related to cisternal size ($r = -0.70$), which is of a great interest in practice. In 'trial 1.2' (n = 5), the effects of the omission of one milking weekly on the daily changes of milk composition was studied. On the omission day, milk yield, fat content and SCC decreased dramatically, but a compensatory increase was noticed over the following two days. Milk protein and lactose did not vary among days. Milk composition returned to its normal level 3 d after the milking omission, which should be specially considered for milk recording.

In 'Experiment 2' (n = 4), changes in composition of cisternal and alveolar milk for different milking intervals (4, 8, 12, 16 and 24 h) were evaluated. Cisternal and alveolar milk fractions represented on average 30 and 70% of the total milk stored in the udder, and increased differently according to milking interval. Fat content in alveolar milk remained unchanged during the first 16 h (4.6%) and increased rapidly up to 24 h (7.0%). In contrast, fat content in cisternal milk decreased between 4 h (5.7%) and 16 h (0.9%) and remained constant until 24 h (1.0%). The increase in total fat yield with longer milking intervals was more marked in alveolar milk than in cisternal milk, which indicates that fat globules do not pass freely from alveoli to cisterns. Milk protein content was greater in rear quarters than in front quarters for both milk fractions. Protein in cisternal and alveolar milk increased with milking interval, with no differences between milk fractions or udder quarters.

In 'Experiment' 3 (n = 25) changes in the udder cisterns according to lactation stage and time elapsed after oxytocin (OT) stimulation were studied in two trials. In 'trial 3.1' (n = 18) changes in cistern size by ultrasonography, and cisternal and alveolar milk volumes throughout lactation, were evaluated. A positive correlation ($r = 0.80$) between cisternal milk volume and cistern size was observed at different stages of lactation. As lactation advanced, cisternal and alveolar milk volumes, and cistern size, decreased. In 'trial 3.2' (n = 7), ultrasonography was used to demonstrate the return of milk from the cisternal to the alveolar compartment when cows were not milked immediately after udder stimulation. Cistern size was measured at 0, 3, 15, 30 and 60 min after an i.v. OT injection (5 IU/cow). Injection of OT dramatically increased (93%) the cistern area, reaching its maximum distension (17 vs. 9 cm²) at 3 min, and decreased thereafter until 60 min (13 cm²). The decrease in cistern size without milk evacuation proves the existence of the back flush of milk, which was only previously demonstrated in mice, and which we termed 'cisternal recoil'. On the other hand, the individual maximum cistern area did not depend on the amount of milk stored in the udder or the milking interval.

In conclusion, this study seems to indicate the existence of new possibilities to modify the conventional milking strategies for dairy cows and that the study of mammary cisterns by ultrasonography may be a useful tool in practice.

RÉSUMÉ

L'objectif de cette thèse est d'étudier les effets de la fréquence de traite et les intervalles entre traites sur la production laitière ainsi que leur relation avec la taille des citernes mammaires et l'éjection du lait. Pour cela, 3 expériences ont été effectuées en utilisant un total de 42 vaches de race Holstein.

Dans la 1^{ère} expérience (n = 13), l'effet de la suppression d'une traite par semaine a été étudié en deux essais réalisés dans le dernier tiers de lactation. Dans le 1^{er} essai (n = 8), la suppression d'une traite par semaine ne semble pas affecter la composition du lait, la teneur en cellules somatiques (SCC) et la persistance de lactation, cependant, une réduction de l'ordre de 4% de la production du lait a été observée. Cette réduction n'est pas en relation avec la production laitière quotidienne ni avec le volume du lait alvéolaire mais une corrélation négative ($r = -0,70$) avec la surface de citernes a été observée. Les effets de la suppression d'une traite par semaine sur la composition quotidienne du lait ont été analysés dans le 2nd essai (n = 5). Une diminution importante de la production de lait, de la teneur en matière grasse et de SCC a été observée le jour de la suppression et qui est suivie par un accroissement compensatoire pendant les deux jours suivants. Les teneurs en lactose et en protéines n'ont pas varié de manière significative. La composition du lait est rétablie au niveau initial trois jours après la suppression de la traite ce qui devrait être pris en considération lors du contrôle laitier. Les effets de différents intervalles entre traites (4, 8, 12, 16, 20 et 24 h) sur la composition du lait citernal et alvéolaire ont été étudiés dans la 2^{ème} expérience (n = 4). Les fractions du lait citernal et alvéolaire augmentent différemment selon l'intervalle entre traites, représentant en moyenne 30 et 70%, respectivement, du lait stocké dans la mamelle. Le taux butyreux du lait alvéolaire n'a pas varié jusqu'à 16 h (4.6%) en augmentant rapidement dans les intervalles de 20 et 24 h (7.0%). Au contraire, le taux butyreux du lait citernal a diminué depuis les 4 h (5,7%) jusqu'à 16 h (0.9%), tout en demeurant constant jusqu'à 24 h (1.0%). L'augmentation de la quantité totale de la matière grasse avec l'accroissement des intervalles entre traites a été plus marquée dans la fraction du lait alvéolaire, illustrant la difficulté du drainage des globules gras du lait depuis la zone alvéolaire vers les citernes. Le taux protéique du lait citernal et alvéolaire a été plus élevé dans les quartiers postérieurs de la mamelle. La teneur en protéines augmente avec l'intervalle entre traites aussi bien pour la fraction citernale qu'alvéolaire, sans observer des différences significatives entre les deux fractions ainsi qu'entre les différents quartiers de la mamelle.

Dans la 3^{ème} expérience (n = 25) on a étudié, en deux essais différents l'évolution du lait citernal pendant la lactation et en fonction du temps écoulé depuis la stimulation avec l'ocytocine (OT). Une corrélation positive ($r = 0,80$) a été observée dans le 1^{er} essai (n=18) entre le lait citernal et la surface des citernes mesurée par échographie, et ce pour différents stades de la lactation. La surface des citernes, ainsi que les volumes de lait citernal et alvéolaire diminuent avec l'avancement la lactation. Dans le 2nd essai (n = 7), on a utilisé l'échographie pour étudier le retour du lait depuis les citernes aux alvéoles, quand les vaches ne seront pas immédiatement traites après la stimulation de la mamelle. La taille des citernes a été mesurée en différents intervalles de temps (0, 3, 15, 30 et 60 min) après injection i.v d'OT (5 UI/vache). La taille du citerne glandulaire a fortement augmenté (+ 93%) sous l'effet de l'OT atteignant une distension maximale (17 vs 9 cm²) aux 3 min, diminuant postérieurement jusqu'à 60 min (13 cm²). La diminution de la surface du citerne sans évacuation de lait met en évidence l'existence du 'reflux citernal' déjà observé chez la souris. La taille maximale des citernes est indépendante de l'intervalle entre traites ainsi que de la quantité de lait stockée dans la mamelle. Ce travail indique qu'il existe de nouvelles possibilités pour la modification des stratégies conventionnelles de traite chez les bovins laitiers, l'étude des citernes mammaires par échographie constitue à cet égard un outil très pratique.