

MODELISER L'EVOLUTION DES ACTIVITES METABOLIQUES DANS LE MUSCLE BOVIN

SCHREURS N.¹, GARCIA F.¹, PICARD B.², AGABRIEL J.¹, JURIE C.², MICOL D.²

¹Système de Production et ²Croissance et Métabolisme du Muscle, UR1213, Unité de Recherches sur les Herbivores, INRA Theix, 63122 Saint Genès Champanelle, France.

Les caractéristiques musculaires telles que la proportion de chaque type de fibre, l'activité des enzymes du métabolisme et le contenu en collagène du muscle peuvent influencer la tendreté de la viande bovine. La teneur et la nature des lipides intramusculaires modifient aussi la tendreté et la saveur. L'objectif du projet est de développer un modèle dynamique de l'évolution de ces caractéristiques musculaires chez le bovin. Le modèle global tiendra compte des effets muscle, race et sexe. Cette communication présente les modèles d'évolution des activités des enzymes isocitrate déshydrogénase (ICDH) et lactate déshydrogénase (LDH) représentatives, respectivement, du métabolisme musculaire oxydatif ou glycolytique des fibres musculaires.

Méthodes

Les résultats utilisés concernent des observations originales réalisées au sein de l'équipe « Croissance et Métabolisme du Muscle » de l'URH, sur des échantillons de muscle obtenus par biopsie ou à l'abattage dans 30 expérimentations au cours des vingt dernières années. La base de données utilisée rassemble 2591 observations d'activité ICDH et 2588 d'activité LDH pour 7 races bovines (Aubrac, Blonde d'Aquitaine, Charolaise, Limousine, Salers, Montbéliarde, Holstein), 3 sexes (mâle, femelle, castré) et 3 muscles (*Longissimus thoracis* (LT), *Semitendinosus* (ST) et *Triceps brachii* (TB)).

La modélisation des activités enzymatiques de ces muscles a été réalisée en deux étapes. 1°) une méta-analyse a été effectuée pour déterminer les facteurs impliqués dans l'évolution des activités enzymatiques dans le muscle (Schreurs et al., 2008). 2°) un modèle a été construit sur la base d'équations non linéaires dont les paramètres ont été ajustés pour différentes catégories de bovins. L'évolution des activités ICDH et LDH des muscles a toujours été analysée par rapport au degré de maturité physiologique de l'animal (poids vif/poids adulte) de sorte que différents types animaux puissent être considérés dans un état physiologique comparable.

La méta-analyse est réalisée pour tester les effets de la race, du sexe et du muscle sur l'évolution des activités ICDH et LDH avec l'âge physiologique (poids vif/poids adulte), représentant le degré de maturité. Elle a été réalisée indépendamment pour les mâles entiers d'une part et pour les femelles et castrés d'autre part, groupes de données dénommés ensuite « mâle » ou « non - mâle » car ils différaient trop par l'âge. Nous avons quantifié les effets des facteurs de production sur les caractéristiques des muscles en utilisant des modèles linéaires mixtes avec la procédure PROC MIXED de SAS/STAT Version 8 d'après la méthode décrite par St Pierre (2001).

A partir de cette méta-analyse, nous avons pu faire les hypothèses suivantes pour la constitution du modèle : (a) le même modèle peut être appliqué à tous les muscles et les types de bovins, (b) les valeurs différentes de paramètres représentent les évolutions différentes entre sexes et races, (c) les races peuvent être regroupées en races à viande et non-viande, (d) les sexes peuvent être regroupés en « mâles entiers » et « non - mâles » regroupant femelles et castrés. Des modèles non linéaires sont ajustés avec les équations suivantes : $ICDH(t) = \alpha e^{-\beta t} + \gamma t$ et $LDH(t) = (\alpha - \delta + \beta t)e^{-\gamma t} + \delta$, où t est le degré de maturité. α , β , δ et γ sont les paramètres de la courbe.

Résultats

Méta-analyse

Les activités enzymatiques sont différentes pour chaque muscle ($P < 0,001$) (Tableau 1). Le sexe influence l'activité ICDH dans tous les muscles ($P < 0,05$) et LDH dans le muscle ST ($P < 0,01$). La race a un effet sur ICDH et LDH dans les muscles ST et TB chez les mâles. Pour les jeunes mâles, l'activité ICDH a eu une évolution quadratique et l'activité LDH a eu une évolution cubique par rapport à l'âge physiologique. L'évolution est linéaire pour les femelles âgées (vaches) ce qui souligne l'arrêt des processus d'évolution, et l'atteinte d'un plateau. Le niveau de ce plateau permet de concevoir ce processus comme continu quels que soient le sexe et le muscle.

Modèle

L'ajustement du modèle est présenté uniquement pour le muscle ST. L'activité ICDH (Figure 1A) modélisée diminue régulièrement avec le degré de maturité puis atteint un minimum entre 1 et 1,5 $\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de tissu frais. Cette diminution d'activité oxydative est plus rapide chez les animaux de race à viande que chez les animaux de race laitière ou rustique. La race modifie en effet le paramètre β du modèle dans le muscle ST, ce qui induit des variations dans le jeune âge. Pour le modèle LDH (Figure 1B), le sexe modifie le paramètre γ qui est surtout impliqué dans l'évolution de

l'activité enzymatique à la puberté. Par contre, la race modifie le paramètre β , qui module l'activité LDH dans le muscle ST ($P < 0,05$) dans le jeune âge (degré de maturité inférieur à 0,3).

Plus généralement, les deux modalités du sexe modifient surtout les paramètres qui influencent les évolutions après puberté. Pour les paramètres qui influencent les équations avant puberté la précocité entre race (Viande ou Non-viande) est l'effet principal.

Tableau 1. Moyennes ajustées (\pm SEM) des activités enzymatiques (ICDH, LDH) des muscles LT, ST, TB avec le degré de maturité (DoM) pour des bovins mâles et non-mâles (femelles + castrés).

Moyenne Ajustée (LSM)	1 <i>n</i>	Mâles		Non-mâles	
		ICDH ²	LDH ²	ICDH	LDH
<i>Longissimus thoracis</i>	277-519	1.8 \pm 0.1 ^b	1 050 \pm 54 ^b	1.8 \pm 0.2 ^b	1 004 \pm 75 ^b
<i>Semitendinosus</i>	187-571	1.6 \pm 0.1 ^c	1 078 \pm 54 ^a	1.3 \pm 0.2 ^c	1 095 \pm 76 ^a
<i>Triceps brachii</i>	72-157	2.5 \pm 0.1 ^a	1 014 \pm 58 ^b	2.4 \pm 0.2 ^a	955 \pm 75 ^c
Effets fixes	DoM	*	***	NS	NS
	muscle	***	***	***	***
	DoM * muscle	***	***	NS	NS

a,b,c

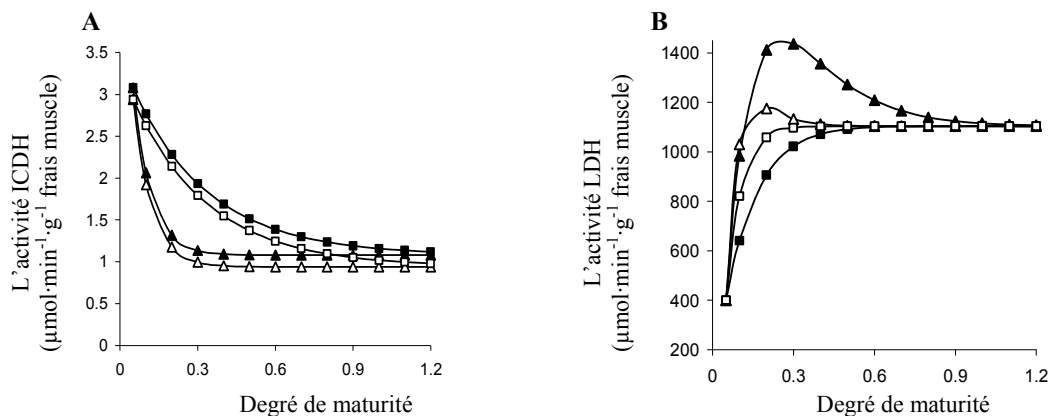
Dans une colonne, les moyennes sans lettre commune sont significativement différentes ($P < 0.05$)

NS = non significatif, * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, *** = $P < 0.001$

¹ Le nombre d'échantillons utilisés pour la métaanalyse est indiqué comme une gamme car certaines caractéristiques musculaires ont plus d'observations que les autres

² ICDH = activité de l'isocitrate déshydrogénase ($\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de muscle frais), LDH = activité de la lactate déshydrogénase ($\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de muscle frais)

Figure 1. Modèles d'évolution des activités ICDH (A) et LDH (B) dans le muscle semitendineux (ST) pour des mâles de races à viande (\blacktriangle), des mâles de races laitière ou rustique (\blacksquare), des femelles et des castrés de race à viande (\triangle) et des femelles et des castrés de races laitière ou rustique (\square).



Conclusion

La méta-analyse a montré que les effets âge, muscle, castration et race influencent les caractéristiques musculaires. Le type de muscle semble avoir une plus grande influence sur l'évolution des caractéristiques musculaires que le sexe ou la race. Ces résultats nous ont permis de poser les hypothèses de développement d'un modèle de prédiction de l'évolution des activités ICDH et LDH dans le muscle bovin. En particulier, cette démarche donne des informations sur le type d'équation à utiliser dans le modèle et sur les catégories pour lesquelles des paramètres différents doivent être estimés (Mâle versus Non-mâle par exemple). Les prochains travaux doivent permettre de tester et valider ce modèle. La même démarche sera appliquée aux teneurs en collagène et en lipides intramusculaires.

Références

St-Pierre, N.R., 2001. J. Dairy Sci., 84, 741-755.
Schreurs et al., 2008. J. Animal Sci., in press.