التـیام
eltiam.ivsa@yahoo.com

بیومکانیک گام و الگوهای رشد سم و وزن گیری در گاوهای شیری

محمد علی صادقی[1*]، خسرو صفری[1]، محمد میرحاج[1]

۱: دانشجوی تخصصی، دانشکده دامپزشکی ،دانشگاه فردوسی مشهد. ایران

***mehrzadsgi@gmail.com**

چکیده

لنگش یکی از مهم‌ترین مشکلات پرورش گاو شیری است که علاوه بر تحمیل زیان اقتصادی سنگین بر پرورش دهنده، منجر به سلب آسایش و ایجاد درد در گاو میشود. مطالعات مختلف نشان دادهاند که بیشتر جراحات ایجادکننده لنگش در سم رخ می دهند و برای درک بهتر اختلالات سم ابتدا باید ساختار کالبد شناسی، ویژگی ها، شکل و بیومکانیک سم را شناخت. سُم، محصول مستقیم بافت زندهی زیرین است و عوامل مختلفی بر میزان رشد و سایش سم اثر میگذارند. هم‌چنین کیفیت سم به ساختارهای داخلی و ویژگیهای آن بستگی دارد. در این نوشته به عوامل مؤثر در رشد و سایش سم، وزنگیری و بیومکانیک سم پرداخته شده‌است.

کلمات کلیدی: بیومکانیک، سم، وزنگیری، الگو رشد، گاو شیری.

مقدمه

سم یا کپسول شاخی، اپی درم کراتینه‌ی مشابه به مو و ناخن است. سُم دارای ۵ قسمت مشخص است: نوار تاجی(Periople)، دیواره (The Wall)، کف (Sole)، خط سفید (White Line) و پاشنه (Heel) (۱). نوار تاجی محل تبدیل پوست مودار به بافت شاخی بوده که این محل تبدیل، توسط بافت شاخی نرم پوست تاج سم، ایجاد می‌شود. بسیاری از مطالب کالبدشناختی به شکل ویژه در این شماره در مقاله‌ی دیگر تحت عنوان « کالبد شناسی، بافت شناسی کاربردی اندام حرکتی و سم» آورده شده و در این‌جا بیشتر تمرکز بر روی آن‌چه در مورد رشد، سطوح وزن‌گیری و بیومکانیک اندام اهمیت دارد، گذاشته شده است. دانش درست، از هریک از این قسمت‌ها کمک موثری در شناخت بهتر سم و انجام درستتر سم‌چینی می‌کند.

رشد سُم

دیواره توسط کوریوم مژک‌دار (Papillary Corium) (درم) از زیر نوار تاجی تولید می‌شود و حدودا ۵ میلی‌متر در ماه رشد دارد و سطح کوریوم لامینایی (Laminal Corium) را می‌پوشاند. از آنجایی‌که طول دیواره‌ی قدامی، از نوار تاجی تا پنجه، حدودا ۷۵ میلی متر است، ۱۵ ماه طول می‌کشد تا بافت شاخی جدید به پنجه برسد. بافت شاخی کف توسط کوریوم مژک‌دار کف تولید می‌شود که شامل بافت شاخی مورق (Tubular Horn) و ماتریکس بین سلولی (Intercellular Matrix) است. ضخامت کف، بین ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر متغیر است بنابراین سایش کف ۲ تا ۳ ماه پس از تولید رخ می‌دهد. کراتینه شدن سلول‌های اپی‌درم روندی فیزیولوژیک است که شامل تولید پروتئین‌های کراتین در داخل سلول‌ها و هم‌چنین تولید سیمان بین سلولی است. این روند باید کاملا توسط انتشار رخ دهد زیرا اپی‌درم فاقد عروق است. مقدار و کیفیت بافت شاخی توسط ۳ عامل اصلی تعیین می‌شود:

۱. مقدار فیبریل‌های کراتینه داخل سلول‌ها و قدرت پیوندهای متقابل دی سولفیده (Cross-linking Disulphide Bonds) برای تولید توده کراتینی.

۲. مقدار و کیفیت سیمان بین سلولی که سلول‌های کراتین را به هم می‌چسباند.

۳. ساختار بافت نرم به‌ویژه نسبت بافت شاخی مورق (Tubular Horn) به بافت شاخی غیرمورق (Non-tubular Horn) که در واقع تراکم توبول‌های بافت شاخی (Horn Tubules) است(۱).

دیواره‌ی سم در طول عمر حیوان رشد می‌کند. سطح در تماس با زمین سایش می‌یابد و سایش مدوام نیازمند تولید مدوام است. روش رایج اندازه‌گیری رشد و سایش سم قرار دادن یک نقطه علامت (سوراخ با دریل، رنگ کردن، خالکوبی) در دیواره سم و مشاهده‌ی جابه‌جایی آن در بازه‌های زمانی یکسان از نوار تاجی می‌باشد. رشد بافت شاخی با اندازه‌گیری حرکت نقطه‌ی مورد نظر به دور از نوار تاجی و سایش بافت شاخی با اندازه‌گیری حرکت نقطه مورد نظر به سمت سطوح وزن‌گیری سُم مشخص می‌شود. در سُم سالم گاو نرخ رشد و سایش تقریبا یکسان است اما عوامل مختلفی می‌توانند بر این معادله‌ی فیزیولوژیک اثر بگذارند. در یکی از قدیمی‌ترین مطالعات انجام شده، پرنتیس (Prentice D) نرخ رشد سم را ۰,۴ تا ۰,۵ سانتی‌متر در هر ماه بیان کرد (۲). از آن زمان به بعد مطالعات مختلفی درباره‌ی رشد و سایش سُم انجام شده است و عوامل مختلفی مثل سن، نژاد، فصل، تغذیه و محیط به عنوان عوامل مؤثر بر رشد و سایش سم مطرح شده است.

عوامل فیزیولوژیک

رشد سم در حیوانات جوان سریع‌تر است. طبق مشاهده‌ی هان و همکاران (Hahn M. et al) رشد سم هم در اندام قدامی و هم در اندام خلفی در اولین دوره‌ی شیرواری بیشتر از دوره‌ی شیرواری دوم است (۳). هم‌چنین طبق گزارش ترنتر و موریس (Tranter W, Morris R) طی یک مطالعه ۱۲ ماهه، نرخ رشد سم در گاوهای دو ساله بیشتر از گاوهای بالغ است (۴). طبق گزارش برینکس و همکاران (Brinks J et al) رشد سم با افزایش سن از ۲ تا ۶ سالگی افزایش یافته و پس از آن ثابت می‌ماند (۵). طبق مطالعه کلارک و ریکس (Clark A, Rakes A) نرخ رشد سم در گاو شیری به سن و تعداد روزهای شیردهی مرتبط نیست و هم‌چنین مرحله‌ی شیردهی بر نرخ رشد سم در گاو هولشتاین اثری نداشت ولی در گاوهای جرسی اثر داشت (۶). طبق گزارش دیتز و کاک (Dietz O, Koch K) نرخ سایش سم هم در اندام‌های قدامی و خلفی با پیشرفت روزهای شیردهی کاهش یافت (۷) و طبق گزارش اشنایدر (Schneider P) جنسیت و نژاد بر نرخ رشد و سایش سم اثری نداشت (۸) هرچند نرخ رشد و سایش در نژاد فریزین بیش از هرفوردگزارش شده است (۹).

عوامل فصلی

به طور کلی سن و تغذیه بر تولید بافت کراتینه مؤثر است. هان و همکاران نشان دادند که رشد سم روندی چرخه‌ای بوده که بیشترین رشد سم در فصول گرم رخ می‌دهد (۱۰). دما، مدیریت، و تغییرات جیره بر الگوی رشد بافت شاخی اثر می‌گذارد. رشد سریع‌تر سم در فصول گرم درسایر مطالعات نیز گزارش شده است (۶). رشد سم با افزایش دوره‌ی نوری افزایش می‌یابد. احتمالا اثر منفی کاهش خون‌رسانی بر بافت‌های تولید کننده‌ی بافت شاخی در فصول سرد که در طی آن مویرگ‌های خونی منقبض می‌شوند، اکسیژن و ترکیبات مغذی کمتری به بافت‌های تولیدکننده‌ی بافت شاخی می‌رساند که می‌تواند علت کاهش رشد بافت شاخی در فصول سرد باشد (۱۱).

عوامل تغذیه‌ای

نرخ رشد بافت شاخی کف در گاوهای گوشتی یک ساله با افزایش پروتئین جیره کاهش می‌یابد ولیکن نرخ رشد و سایش سم در گاوهای شیری با افزایش نسبت کنسانتره به سیلاژ افزایش نمی‌یابد (۱۲). البته گرینوف و همکاران (Greenough PR et al) افزایش رشد بافت شاخی کف سم را در گوساله‌های گوشتی، هم‌زمان با افزایش انرژی جیره نشان دادند(۱۳). کراتین مثل بافت شاخی غالبا از آمینواسیدهای حاوی سولفور تشکیل شده است. گاوهای شیری که متیونین دریافت کرده‌اند رشد سم سریع‌تری در فصول تابستان و بهار داشتند (۶). هم‌چنین میزان سایش بافت شاخی پشتی اندام قدامی در گروه دریافت کننده‌ی متیونین- زینک (روی)، کمترثبت شده است (۱۴). بیوتین هم برای رشد و حفظ بافت‌های اپی‌درمی از جمله بافت شاخی الزامی است. کمبود بیوتین می‌تواند منجر به ایجاد شکاف و بافت شاخی شکننده شود (۱۵). هرچند مطالعات دیگر نشان می دهد، بیوتین در رشد سم اثر قابل ملاحظه‌ای نداشته است ولی میزان سایش درگاوهایی که بیوتین مصرف کرده اند، کمتر بوده است (۱۶).

عوامل محیطی و مدیریتی

محیط نگهداری بر میزان رشد و سایش بافت شاخی سم مؤثر است. در بهاربند خصوصا آن‌هایی که بستر مشبک (Slatted Floors) دارند، رشد سم سریع‌تر از جایگاه های تای استال (Tie Stall) است. مورفی و هانان (Murphy PA, Hannan J) نرخ رشد و سایش سم در گاوهای گوشتی بر بستر مشبک یا بستر سازی با کلش (Straw) را بررسی کردند. در بستر مشبک رشد انگشت داخلی اندام حرکتی قدامی و انگشت جانبی اندام حرکتی خلفی بیشتر بود. سایش سم خصوصا در ناحیه‌ی انگشتان در تمام گاوهای قرار گرفته بر بستر مشبک رخ داد. هم‌چنین انگشت داخلی اندام قدامی و به طور قابل توجه‌تر، انگشت جانبی اندام خلفی در ناحیه پاشنه رشد بیشتری نشان دادند (۹). نرخ رشد و سایش سم در تلیسه‌ها بر روی سطوح سیمانی و بر روی زمین خشک نشان می‌دهد که اگرچه میزان رشد سم بین دو گروه تفاوت آماری ندارد ولیکن میزان سایش در گروه سطوح سیمانی بیشتر بوده است (۱۱). ماهیت سطحی که در تماس با بافت شاخی سم است نیز، بر میزان سایش سم بسیار مؤثر است. برای این‌منظور گاوهایی که روی سطح سیمانی نگهداری می‌شدند، گاوهایی که هم روی سطح سیمانی و هم در چراگاه و گاوهایی که فقط در چراگاه قرار داشتند بررسی شدند. رشد سم در نگهداری متراکم بیشتر از چراگاه بود ولی این میزان به حدی نبود که بتواند سایش بیشتر را جبران کند. سم گاوهای قرار گرفته بر روی سطوح سیمانی حدودا ۳۵٪ سایش بیشتری نسبت به چراگاه نشان دادند (۱۰). تلیسه‌هایی که روی بستر مشبک قرار دارند نسبت به تلیسه‌هایی که در محیط بیرونی قرار دارند ۲۲٪ سایش بیشتری داشتند. تفاوت در سایندگی دو بستر می‌تواند علت تفاوت در نتایج این دو مطالعه باشد. بستر مشبک خشک‌تر از بستر سیمانی است و در نتیجه احتمالا سایش کمتری ایجاد می‌کند. سایش از میزان رشد، در گروه قرار گرفته بر بستر سیمانی، بیشتر بود متعاقبا دیواره‌ی سم در بسیاری از گاوهای محصور کوتاه‌تر بوده و وزن بیشتر بر کف سم وارد می‌شود.

ماهیت سطحی که در تماس با بافت شاخی سم است بر میزان سایش سم بسیار مؤثر است. طبق نتایج مطالعات مختلف رشد سم در دامداری با سیستم نگهداری متراکم، بیشتر از چراگاه بوده ولی این میزان به حدی نیست که بتواند سایش بیشتر را جبران کند. سم گاوهای قرار گرفته بر روی سطوح سیمانی حدودا ۳۵٪ سایش بیشتری نسبت به چراگاه نشان دادند. بهتر است گاوهایی که بر بستر سیمانی قرار دارند، مدتی در چراگاه یا زمین خشک قرار داده شوند تا رشد انگشت بتواند سایش به دلیل بستر سیمانی را جبران کند.

بنابراین فارغ از فصل، گاوهایی که بر بستر سیمانی قرار دارند باید مدتی در چراگاه یا زمین خشک قرار داده شوند تا رشد انگشت بتواند سایش به دلیل بستر سیمانی را جبران کند (۱۰, ۱۱). تفاوت در سایش سم بین سطح سیمانی خشک و مرطوب زیاد است به صورتی‌که سایش سم در بستر سیمانی مرطوب دو برابر سریع‌تر از بستر سیمانی خشک گزارش شده است (۱۷, ۱۸).

تجربیات داخلی نشان می‌دهد که سایش تعادل رشد و سایش سم یکی از مشکلات بسیار بزرگ در شرایط فعلی دامداری‌های متراکم در ایران است. در مطالعه‌ای نشان داده شده که تعادل بین رشد و سایش در نگاه به رشد طولی در ناحیه‌ی پنجه در یک گله‌ی پرتولید به‌گونه‌ای بوده که رشدی کمتر از ۲ میلی متر در فاصله بین دو سم چینی ۱۲۰ روزه و خشکی که تقریبا ۸ ماه طول می‌کشد، ثبت گردیده است. این مهم نشان‌گر تعادل تقریبی رشد و سایش در گله است(۱۹). درهرصورت رشد سم را در نواحی مختلف، می توان ارزیابی کرد. بیشتر ارزیابی‌های انجام شده با اندازه‌گیری رشد طولی سم در ناحیه‌ی پنجه صورت گرفته، حال آن‌که بسیاری از رشدهای ناهنجار سم در سطوح وزن‌گیری صورت می‌گیرد که سطوح وزن گیری را به هم می‌ریزد. تجربیات میدانی نشان می‌دهد که حتی در برخی موارد، مدت زمانی کمتراز ۲ ماه ممکن است باعث به‌هم ریختن سطوح وزن‌گیری ناشی از رشد ناخواسته شود(۲۰).

جدول ۱. عوامل مؤثر بر رشد و سایش سم.

عوامل مؤثر بر افزایش رشد سم	عوامل مؤثر برا افزایش سایش سم
میزان غذادهی	سطوح خشن
سن (حیوانات جوان‌تر رشد سریع‌تری دارند)	سطوح خیس (منجر به نرم شدن سم می‌شود)
تروما (باعث تحریک رشد می‌شود)	ایستادن یا راه رفتن بیش از حد
التهاب (باعث تحریک رشد می‌شود)	بافت شاخی نرم

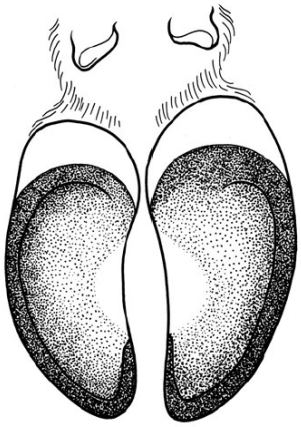
عوامل کالبد شناسی

رشد سم در دیواره‌ی غیرمحوری قدامی بیشتر از پاشنه و دیواره‌ی محوری است. این مسئله به دلیل شکل انگشت و مسیر تشکیل بافت شاخی می‌باشد، بنابراین انگشت خصوصا در ناحیه‌ی غیرمحوری بلندتر می‌شود. پرنتیس تفاوتی در رشد سم بین انگشتان جانبی و داخلی مشاهده نکرد (۲)، هرچند در سایر یافته‌ها سایش سم در انگشتان خارجی بیشتر از داخلی بود. همچنین رشد بافت شاخی در انگشتان خارجی بیشتر از انگشتان داخلی بود، اما این رشد از لحاظ آماری معنادار نبود (۴). در مطالعه کلارک و ریکس نیز میزان رشد و سایش بافت شاخی در اندام خلفی بیشتر گزارش شده است (۶).

وزن‌گیری

وزن حیوان توسط استخوان کوتاه بند میانی انگشت، به بند پایینی منتقل می‌شود. هم‌چنین نیرو از طریق استخوان کوتاه بند میانی به مرکز چرخش مفصل بین بند انگشتی پایینی (Distal Interphalangeal Joint)، منتقل می‌شود. در بند پایینی این نیرو به نیروهای کوچکتری تقسیم می‌شود و بر بافت نرم وارد می‌شود. این نیروها فقط زمانی‌که بافت شاخی با زمین در تماس است و زمین نیروی یکسانی در جهت مخالف به سم وارد می‌کند وجود دارند (۲۱).

بر روی سطح صاف، سم به روی مرز وزن‌گیری دیواره (بخش غیرمحوری و تا حدکمتری محوری) و بر بخشی از بافت شاخی پاشنه قرار می‌گیرد. مرز دیواره‌ی سم و ناحیه‌ی کفی پاشنه، سطح وزن‌گیری یا سطح حامی را تشکیل می‌دهند. اگرچه این حالت به روی سطوح سفت و صاف مصداق دارد، در شرایط طبیعی‌تر مثل قرارگیری به روی چمن، کف هم بخشی از سطح وزن‌گیری را تشکیل می‌دهد(۲۲).



شکل ۱. نواحی سایه زده شده سطوح وزن گیری سم را تشکیل می‌دهد.

شکل ۲. در تلیسه‌های علف چر دیواره از کف بلندتر بوده و اصلی‌ترین سطح وزن گیری را تشکیل می‌دهد.

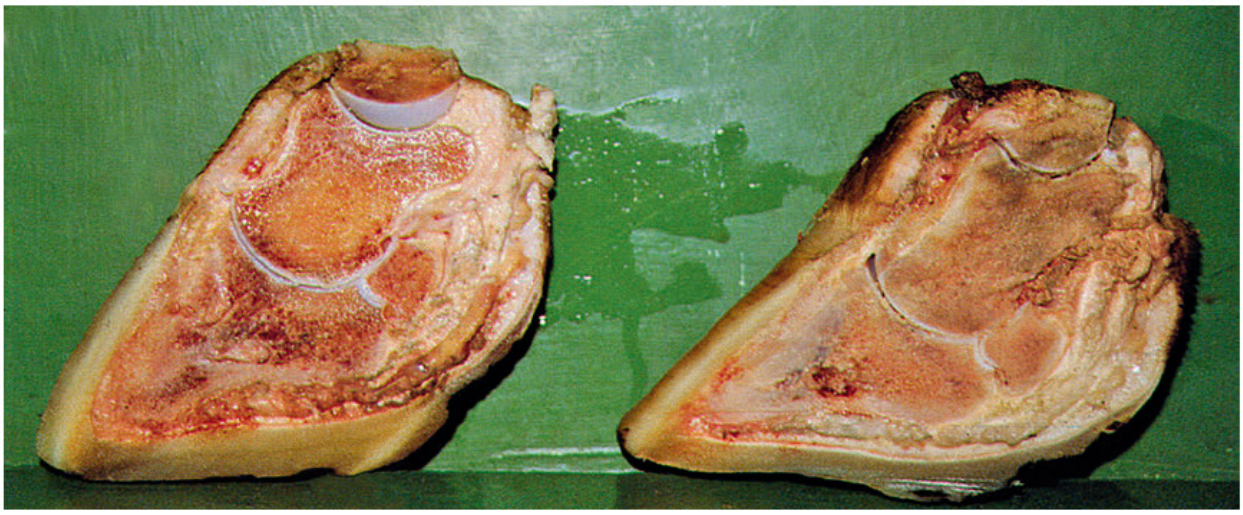
تصویر ۲ سم تلیسه‌ای را که به تازگی از چرا باز گشته است، نشان می‌دهد. به محل دیواره در بالای سطح کف دقت کنید. کف فقط زمانی وزنگیری دارد که سم به داخل خاک فرو رود. تقریبا در تمامی سیستم‌های پرورش زمانی‌که حیوانات به روی سیمان نگه داشته شوند، دیواره‌ی سم تا سطح کف سایش می‌یابد، بنابراین تصور می‌شود که دیواره کف مسطح حالت طبیعی است. اگر بتوان سم را به گونه‌ای چید که دیواره کمی بلندتر از کف باشد، احتمالا بهتر است (۲۳).

کف مسطح به معنی وزن‌گیری، هرچند کمتر، در ناحیه خط سفید و ۱۰ تا ۲۰ میلی‌متر در مجاورت کف است. مشخص شده‌است که دیواره‌ی سم در گاوهای چراگاه بلندتر از کف است و اگر روی سیمان قرار بگیرند (در فصل زمستان)، دیواره سایش یافته و کف وزن‌گیری نسبی پیدا می‌کند. در محل پنجه تقریبا تمام ناحیه وزن‌گیری دارد و میزان نیروی وارده بر دیواره‌های محوری و غیرمحوری یکسان است. قسمت مرکزی کف (ناحیه سایه نزده در تصویر ۱) نباید وزن گیری داشته باشد، زیرا این ناحیه، محل وقوع زخم بوده و برجستگی خم کننده استخوان بندسوم (Flexor Tubercle of Pedal Bone) دقیقا در بالای این محل قرار دارد. دیواره و کف باید از پاشنه تا پنجه مسطح باشد تا تماس با زمین مساوی و نامتناقض باشد و در نتیجه وزن گیری حداکثری باشد (۲۳).

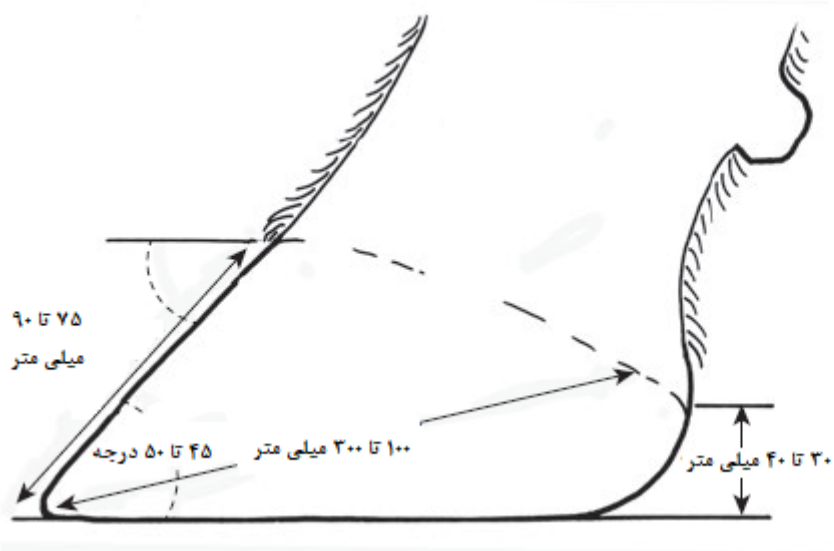
زاویه‌ی جلویی هر سم باید حدودا ۴۵ درجه باشد به طوری‌که پنجه حین حرکت با زمین تماس محکمی داشته باشد. این نکته

شکل ۳. این تصویر مربوط به یکی از مجسمه‌های پرسپولیس با قدمت ۲۵۰۰ ساله است، که زاویه و سطح وزن‌گیری صحیح سم را نشان می‌دهد.

زاویه‌ی جلویی هر سم باید حدودا ۴۵ درجه باشد، به‌طوری‌که پنجه حین حرکت با زمین تماس محکمی داشته باشد. نمای محوری یک انگشت، از دیدگاه فضای بین انگشتی، به وضوح نشان می‌دهد که دیواره‌ی محوری در سمت خلفی فقط یک سوم ابتدایی (یا سطح وزن‌گیری) را می‌پوشاند و سپس به تدریج به شکاف بین انگشتی می‌رسد. در یک سم طبیعی اندام خلفی، انگشت خارجی وزن‌گیری نسبتا بیشتری دارد.



شکل ۴. در این تصویر انگشتان داخلی و خارجی گوساله‌ی پرواری ۱۴ ماهه فریزین نشان داده شده است. به کف ضخیم‌تر انگشت داخلی دقت کنید.



شکل ۵. در این تصویر زوایا و ابعاد یک سم طبیعی نشان داده شده است.

از ۲۵۰۰ سال پیش همانطور که در تصویر ۳ مشاهده می‌کنید مشخص شده است. نمای محوری یک انگشت، از دیدگاه فضای بین انگشتی، به وضوح نشان می‌دهد که دیواره‌ی محوری در سمت خلفی فقط یک سوم ابتدایی (یا سطح وزن‌گیری) را می‌پوشاند و سپس به تدریج به شکاف بین انگشتی می‌رسد. در یک سم طبیعی اندام خلفی، انگشت خارجی وزن‌گیری نسبتا بیشتری دارد که این مورد در تصویر۱ نشان داده شده است، جایی‌که انگشت داخلی (چپ) دیواره محوری کوچکتری دارد. این تفاوت در طول از طول بیشتر قسمت انتهایی استخوان متاتارس (Metatarsus)، استخوانی که با اولین استخوان‌های پاشنه مفصل می‌سازد، شروع می‌شود. این استخوان در سمت خارجی از سمت داخلی کمی بلندتر است (۲۳).

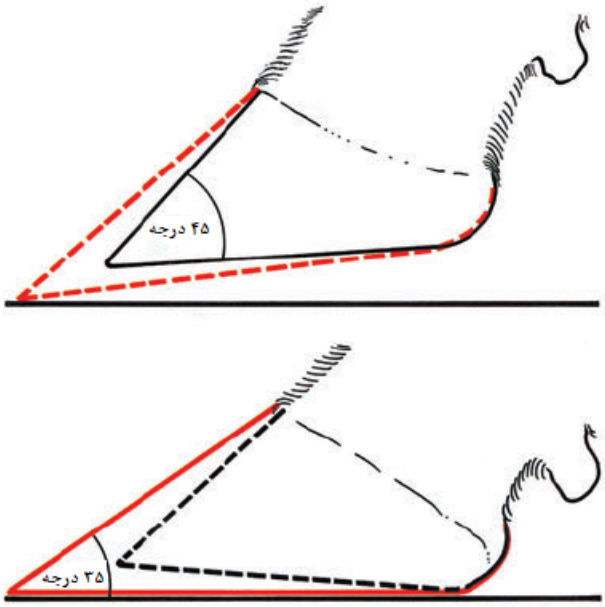
تصویر ۴ دو انگشت مربوط به یک گوساله ۱۴ ماهه فریزین را نشان می‌دهد. توجه کنید که انگشت خارجی (راست) به طور قابل ملاحظه‌ای بزرگتر از انگشت داخلی است ولی انگشت داخلی کف ضخیم‌تری دارد. بنابراین اگر انگشت خارجی به اندازه انگشت داخلی کوتاه شود ممکن است کف انگشت خارجی نازک شود (۲۳).

سم غالبا از دیواره قدامی غیرمحوری رشد می‌کند و رشد پاشنه و دیواره‌ی محوری کمتر است. این مورد به دلیل شکل سم و جهت تشکیل بافت شاخی است. بنابراین پنجه خصوصا در ناحیه غیر محوری، بلندتر می‌شود. در این حالت اگر سم به روی سطح سفت قرار بگیرد، به سمت عقب و محوری متمایل می‌شود، خصوصا اگر تکامل قسمت کفی پاشنه در سمت

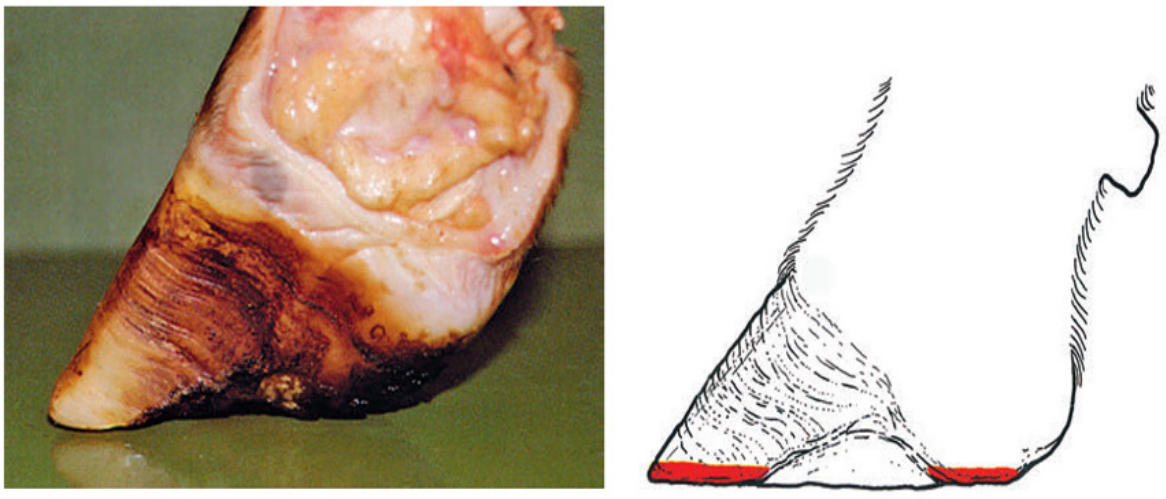
محوری ضعیف باشد. در این حالت لبه‌ی محوری پشتیبانی نشده و پنجه تحت نیروی وارده به داخل خم می شود. اگر دیواره کوتاه باشد و ناحیه‌ی کفی پاشنه به خوبی شکل گرفته باشد، سُم به صورت محکم و صاف به روی سطح محل نگهداری می ایستد. به هرحال در حالت طبیعی مثل زمین نامسطح با قابلیت ارتجاعی، حتی سطوح وزن‌گیری بی‌ثبات نیز می‌توانند، حمایت پایداری ایجاد کنند به این صورت که سم با فرورفتن دیواره‌ی بلند به زمین، وزن را تحمل می‌کند. هم‌چنین درصورتی‌که سم به صورت مساوی سایش یابد، ثبات ایجاد می‌شود (۲۲).

اگر میزان سایش کافی نباشد، پنجه در سطح دیواره غیرمحوری رشد بیشتری خواهد داشت و دیواره‌ی سفت بیشتر از کف خواهد بود (رشد کف آهسته‌تر است). دیواره‌ی بلند غیرمحوری در پنجه باعث ناپایداری پنجه شده و در نتیجه به سمت ناحیه‌ی محوری و عقب متمایل می‌شود. در این حالت وزن بدن به سمت ناحیه محوری و عقب متمایل می‌شود که خود باعث وزن‌گیری بیش از حد ناحیه‌ی حساس کف می‌شود. نیروی زیاد در این ناحیه به مرور باعث خون‌ریزی شده که متعاقبا تبدیل به زخم می‌شود (۲۱).

در اندام خلفی بخش محوری پاشنه انگشت داخلی نسبت به خارجی معمولا کمتر تکامل یافته است. به همین دلیل قسمت



شکل ۶. رشد بیش از حد پنجه در درجه اول در پنجه رخ می‌دهد.



شکل ۷. تصویر سمت راست نمای محوری (داخلی) سم را نشان می‌دهد که تقعر ناحیه کف و سطح وزن‌گیری پاشنه و یک سوم ابتدایی دیواره محوری در آن مشاهده می‌شود. تصویر سمت چپ نمای محوری انگشت را نشان می‌دهد. فقط یک سوم ابتدایی دیواره و پاشنه باید وزن‌گیری داشته باشد.

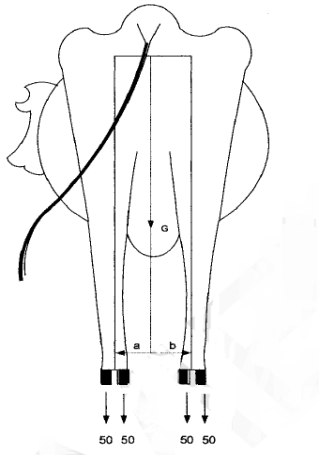
کفی پاشنه داخلی سطح وزن‌گیری کمتری دارد. به علاوه مرز وزن‌گیری محوری دیواره، معمولا در انگشت داخلی اندام خلفی نسبت به انگشت خارجی اندام خلفی، گسترش کمتری دارد. در نتیجه ناحیه داخلی سم در اندام خلفی سطح حمایت کننده‌ی کوچکتری در سمت محوری دارد و در نتیجه برای وزن‌گیری بر روی سطوح سفت نسبت به انگشت خارجی مناسب نیست. به طور کلی انگشت داخلی اندام خلفی حمایت پایداری بر سطوح صاف و سفت ایجاد نمی‌کند و انگشت خارجی اندام خلفی مسطح‌تر و پایدارتر است (۲۲).

اگر میزان سایش کافی نباشد، پنجه در سطح دیواره غیر محوری رشد بیشتری خواهد داشت و دیواره‌ی سفت بیشتر از کف خواهد بود (رشد کف آهسته‌تر است). دیواره بلند غیرمحوری در پنجه باعث ناپایداری پنجه شده و در نتیجه به سمت ناحیه‌ی محوری و عقب متمایل می‌شود. در این حالت وزن بدن به سمت ناحیه‌ی محوری و عقب متمایل می‌شود که خود باعث وزن‌گیری بیش از حد ناحیه‌ی حساس کف می‌شود. نیروی زیاد در این ناحیه به مرور باعث خون‌ریزی شده که متعاقبا تبدیل به زخم می‌شود.

بیومکانیک

بیومکانیک به معنی عملکرد ساختارهای زیستی بدن برای ایجاد حرکت است. بافت شاخی سم، ترکیب طبیعی بیولوژیک از کراتین است که باید بتواند نیروی وارده به دلیل کار زیاد را بدون اختلال یا نارسایی تحمل کند و متعاقبا ویژگیهای مکانیکی مهم عبارتند از سفتی، مقاومت، قدرت و کشسانی (Elasticity). این ویژگیها به ساختار و ترکیب شیمیایی کراتین بستگی دارد که بافت شاخی را تشکیل میدهد. لنگش یکی از مهم‌ترین مشکلات پرورش گاو شیری است که معمولا به دلیل جراحات سم رخ میدهد. سم گاو محل تماس گاو و محیط است. از لحاظ کالبد شناسی، سم برای تحمل حرکت و ایستادن بر روی زمینهای مانند چراگاه طراحی شده است. ایستادن و گام برداشتن بر روی سطوح سفت و افزایش مدت زمان ایستادن نهایتا منجر به آسیب ساختارهای سم میشود. اثر محیط بر سم یا به صورت مستقیم و به علل مکانیکی، شیمیایی یا بیولوژیک بوده یا غیر مستقیم و توسط تغییر رفتار گاو و آسیب ثانویه به بافتهای سم است. در این قسمت به مکانیسم توزیع وزن در سم به عنوان یکی از عوامل مهم زیستی برای درک بهتر مکانیسم وقوع جراحات سم پرداخته شده است (۲۵).

توزیع وزن در اندام ها خود عاملی برای شکل‌گیری آسایش و رفاه دام از یک سو و از سوی دیگر جلوگیری از رخداد جراحات انگشتی است. توزیع وزن در انگشتان به قرارگیری وزن روی انگشت در سمت داخل یا خارج بستگی دارد (۲۲). توزیع نیرو در سم یک گاو ۴۵۰ کیلوگرمی حدودا به صورت ۲۶۰ کیلوگرم در اندام قدامی و ۲۰۰ کیلوگرم در اندام خلفی است. این نیرو توسط چند سانتی‌متر از بافت نرم زیر لبه‌ی خلفی بند سوم تحمل می‌شود (۲۱). سونی و همکاران (Soni A. et al) مرور نسبتا جامعی بر روی انواع توزیع وزن در حیوانات مختلف کرده اند و در گاو نیز نظریات مختلفی را آورده اند. به طور کلی بیشتر محققین معتقدند که وزن بیشتر برروی دست های حیوان می افتد ولیکن با توجه به دوره‌ی شیرواری، آبستنی، راه رفتن و غیره این توزیع ممکن است متفاوت باشد. بنابراین شاید این گزاره «توزیع وزن گاو بیشتر بر روی دست ها بوده و نقطه‌ی ثقل حیوان بیشتر به سمت جلو است» جمله‌ی قاطعی نباشد(۲۴).

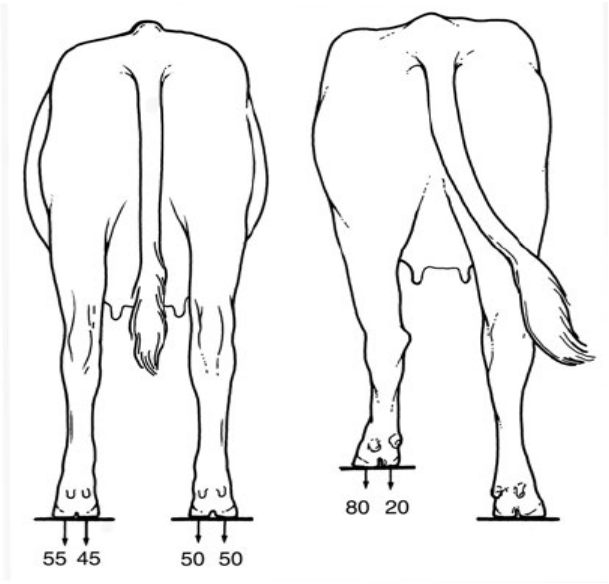


شکل ۸. توزیع وزن در انگشتان اندام‌های حرکتی خلفی.

اندام خلفی توسط مفاصل گوی و کاسه به لگن متصل هستند. اگر حیوان به شکل مربع بایستد، میزان وزن‌گیری توسط دو اندام خلفی به طور مساوی بین دو اندام توزیع می‌شود و اگر پنجه‌ها ارتفاع و ثبات یکسانی داشته باشند، وزن به طور مساوی بین آن‌ها تقسیم می‌شود. به عبارتی دیگر گفته شده است که، ۲۰۰ کیلوگرم به طور مساوی (۵۰ کیلوگر به ازای هر پنجه) در چهار انگشت اندام‌های خلفی تقسیم می‌شود. اگر هر دو انگشت با کشسانترین حالت ممکن به اندام متصل باشند، وزن دو اندام به صورت یکسانی بین انگشتان تقسیم

می‌شود. اگر اتصال بین دو انگشت و اندام غیر منعطف باشد، وزن جدید به طور کامل در سمتی که حیوان تکیه می‌دهد، قرار می‌گیرد. در واقعیت اتفاقی که می‌افتد چیزی بین این دو حالت است. انگشتان به صورت سفت- الاستیک به اندام متصل هستند بنابراین توزیع وزن جدید در دو انگشت سم بین ۵۰-۵۰ تا ۰-۱۰۰ درصد است مثلا ۶۰ به ۴۰ درصد. یعنی سه پنجم وزن جدید توسط انگشتی که به آن تکیه می‌دهد و دو پنجم آن به انگشت دیگر وارد می‌شود. به عبارتی دیگر وزن‌گیری توسط انگشتان خارجی اندام خلفی با حرکات بدن تغییر می‌کند و نیروی وارده بر انگشتان داخلی یکسان‌تر است. انگشتان خارجی دائما تغییر توزیع وزن در دو اندام خلفی را اصلاح می‌کنند و سطوح سفت مثل سطح سیمانی این اثر را تشدید می‌کنند (۲۲).

توزیع وزن در اندام‌ها خود عاملی برای شکل گیری آسایش و رفاه دام از یک سو و از سوی دیگر جلوگیری از رخداد جراحات انگشتی است. توزیع وزن در انگشتان به قرارگیری وزن روی انگشت در سمت داخل یا خارج بستگی دارد. توزیع نیرو در سم یک گاو ۴۵۰ کیلوگرمی حدودا به صورت ۲۶۰ کیلوگرم در اندام قدامی و ۲۰۰ کیلوگرم در اندام خلفی است. این نیرو توسط چند سانتی‌متر از بافت نرم زیر لبه خلفی بند سوم تحمل می‌شود. همچنین وزن‌گیری توسط انگشتان خارجی اندام خلفی با حرکات بدن تغییر می‌کند و نیروی وارده بر انگشتان داخلی یکسان‌تر است.



شکل۹. زمانی‌که گاو وزن خود را از یک سم به سم دیگر منتقل می‌کند، تغییرات وزن‌گیری در پنجه‌ی خارجی بسیار بیشتر از پنجه‌ی داخلی است.

منابع

1. Andrews AH, Blowey RW, Boyd H, Eddy RG. Bovine medicine: diseases and husbandry of cattle: John Wiley & Sons; 2008.

2. Prentice D. Growth and wear rates of hoof horn in Ayrshire cattle. Research in Veterinary Science. 1973;14(3):285-9.

3. Hahn M, McDaniel B, Wilk J, editors. HOOF GROWTH AND WEAR RATES OF HOLSTEIN COWS CONFINED ON A NEW, FLUSHED CONCRETE SURFACE. Journal of Dairy Science; 1978: ELSEVIER SCIENCE INC 360 PARK AVE SOUTH, NEW YORK, NY 10010-1710 USA.

4. Tranter W, Morris R. Hoof growth and wear in pasture-fed dairy cattle. 1992.

5. Brinks J, Davis M, Mangus W, Denham A, editors. Genetic aspects of hoof growth in beef cattle. Proceedings of the Annual Meeting American Society for Animal Science Western Section; 1979.

6. Clark A, Rakes A. Effect of methionine hydroxy analog supplementation on dairy cattle hoof growth and composition. Journal of Dairy Science. 1982;65(8):1493-502.

7. Dietz O, Koch K. Zur klauengesundheit bei einstreuloser haltung. Monatshefte fur Veterinarmedizin. 1972.

8. Schneider P. Einfluss des Vaters auf Gliedmassenstellung und Klauenformen, sowie Abriebfestigkeit und Wassergehalt des Klauenhornes der Nachkommen: Universität München; 1980.

9. Murphy PA, Hannan J. Effects of slatted flooring on claw shape in intensively housed fattening beef cattle. The Bovine Practitioner. 1987:133-5.

10. Hahn MV, McDaniel BT, Wilk JC. Rates of hoof growth and wear in Holstein cattle. Journal of dairy science. 1986;69(8):2148-56.

11. Vermunt J, Greenough P. Structural characteristics of the bovine claw: horn growth and wear, horn hardness and claw conformation. British veterinary journal. 1995;151(2):157-80.

12. Manson F, Leaver J. The influence of dietary protein intake and of hoof trimming on lameness in dairy cattle. Animal Science. 1988;47(2):191-9.

13. Greenough PR, Vermunt JJ, McKinnon JJ, Fathy FA, Berg PA, Cohen RD. Laminitis-like changes in the claws of feedlot cattle. The Canadian Veterinary Journal. 1990;31(3):202.

14. Randy H, Sniffen C, Nocek J, Wildman E, Braund M, William H. Effect of zinc methionine supplementation on milk yield, lameness and hoof growth in lactating dairy cows. J Dairy Sei. 1985;68(suppl 1):277.

15. Hungerford TG. Diseases of Livestock: McGraw-Hill; 1990.

16. Reilly J, Brooks P, editors. The effect of supplementary dietary biotin on hoof hardness and hoof growth and wear rates of dairy cows. Proceedings of the VIth International Symposium on Diseases of the Ruminant Digit, Liverpool; 1990.

17. Spindler F. Le Béton use les Onglons. Les résultats d'Expériences Allemandes, IL" Elevage, Paris. 1973(19).

18. Camara S, Gravert H. Investigations on hoof abrasion in cattle. Ziichtungskunde. 1971;43:111-26.

19. Mohamadnia A, Khaghani A, editors. Evaluation of hooves' morphometric parameters in different hoof trimming times in dairy cows. Veterinary Research Forum: an International Quarterly Journal; 2013: Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran.

20. Mohamadnia, A.R. Personal Communications. 2022.

21. De Carvalho VRC. Effects of trimming on dairy-cow hoof-pressure distributions and weight-bearing dynamics during stance phase: University of Florida; 2004.

22. Toussaint-Raven E. Cattle foot care and claw trimming. 3rd impression. Farming Press Books, Ipswich, UK. pp127; 1989.

23. Blowey RW. Cattle lameness and hoofcare: An illustrated guide: 5m Books Ltd; 2020.

24. Soni A, Mishra S, Santra A, Khune V, Pathak R, Bobade M, et al. Position of centre of gravity in different species: A review. J Entomol Zool Stud. 2020;8:496-9.

25. Mulling CKW. Biomechanics of The Bovine Foot. International Symposium and Conference of Lameness In Ruminants.2019.

26. ETHBRIDGE, L. A. 2009. Lameness of dairy cattle: factors affecting the mechanical properties, haemorrhage levels, growth and wear rates of bovine claw horn: a thesis presented in partial fulfilment of the requirements of a doctoral degree in Animal Science, Massey University, Palmerston North, New Zealand. Massey University.

Abstract in English

Gait biomechanics and digital growth and weight bearing pattern in dairy cows

Mohammad Ali Sadeghi[1*], Khosro safari[1], Mohammad Mirhaj[1]

1: DVSc candidate, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

***mehrzadsgi@gmail.com**

Lameness is one the most important problems in dairy herds and a major cause of financial loss and pain and discomfort to animals. Different surveys have revealed that most lameness causing lesions in cattle originate in the claw and in order to better understand the claw disorders, one has to have good understanding of the anatomic structure, horn characteristics, and biomechanics of the claw. The claw is a direct product of the underlying living tissue and different factors affect the rate of horn growth and wear. Here, we aim to review the different factors effecting the horn growth and wear, weight bearing, and biomechanics of the claw.

Keywords: Biomechanics, Hoof, Weight bearing, Growth pattern, Dairy cow.