

تاریخ: ۹۶/۰۱/۱۶

شماره نوزدهام / ۲۰

## متابولیسم مس

### جذب

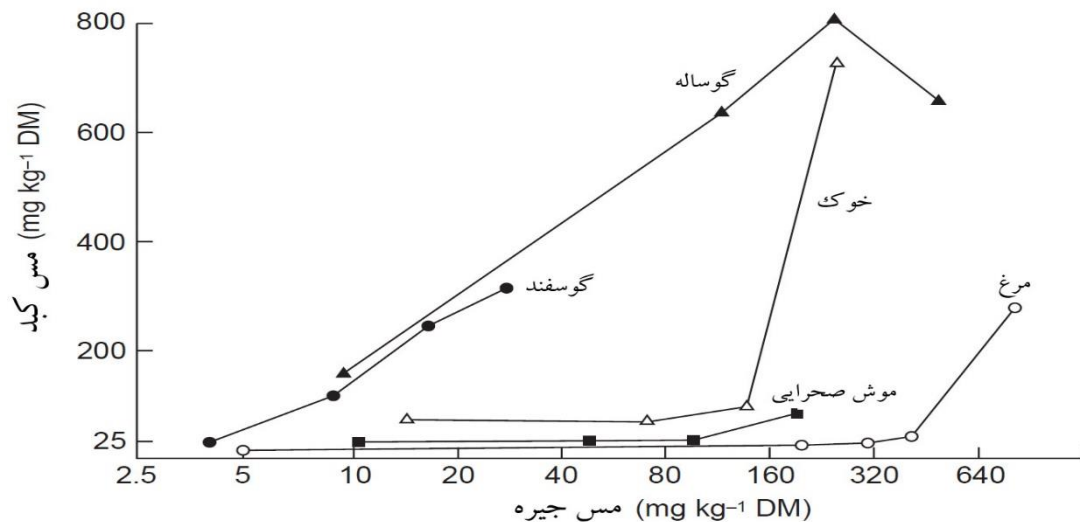
جذب مس در نوزاد تمامی گونه‌ها از طریق پینوسیتوز می‌تواند صورت پذیرد، این نحوه از جذب به همراه مقادیر زیاد مس در آغوز سبب می‌گردد در همان ابتدا نوزاد از لحاظ مس تامین گردد. مکانیسم دقیق جذب در مراحل بعدی زندگی به طور کامل مشخص نیست، اما از دو جزء تشکیل شده است، یکی فعال و اشباع شدنی، دیگری غیرفعال و غیرقابل اشباع (Bronner and Yost, 1985) که بعید است نشخوارکنندگان و غیرنشخوارکنندگان از این منظر اختلاف داشته باشند. حساس بودن نشخوارکنندگان نسبت به کمبود مس بدلیل فرایندهای هضمی است که در شکمبه اتفاق می‌افتد، این فرایندها سبب تجزیه منابع آلی و غیرآلی سولفور به سولفید می‌شوند (ساتل، ۱۹۷۴). پروتوزوهای شکمبه به عنوان تولیدکنندگان سولفید از اهمیت خاصی برخوردار هستند. در تحقیقات انجام گرفته مشاهده شد که حذف پروتوزواها سبب افزایش جذب مس گردید. اغلب مسی که طی هضم شکمبه‌ای آزاد می‌شود به احتمال زیاد به شکل رسوب سولفید مس از دسترس جذب خارج می‌گردد (Bird, 1970)، این در حالی است که مس آزاد شده طی هضم پس‌شکمبه‌ای ممکن است به طور جزئی با ذرات هضم نشده باند شود. در حالی که بره شیرخواره می‌تواند ۷۰ تا ۸۵ درصد از مس خورده شده را جذب کند، بره از شیر گرفته شده تنها می‌تواند کمتر از ۱۰ درصد را جذب کند (ساتل، ۱۹۷۴). زمانی که جیره علاوه بر گوگرد غنی از مولیبدن نیز باشد، تیمولیبدات‌ها تشکیل می‌شوند. این ترکیبات نه تنها سبب کمپلکس شدن مس می‌شوند بلکه پیوند آن با ذرات جامد را محکم می‌کنند (آلن و گاتورن، ۱۹۸۷)، این امر باعث می‌شود جذب مس بیش از پیش کاهش پیدا کند (پرایس و چسترز، ۱۹۸۵) تا اینکه ممکن است فقط میزان اندک ۱ درصد جذب شود.

## انتقال و جذب سلولی

انتقال مس جذب شده در جریان خون باب احتمالا به میزان زیادی از طریق پیوند آن با آلبومین تسهیل می‌گردد. در کبد، مس طی یک فرایند دو مرحله‌ای جذب می‌گردد، که شامل اتصال به گلوکاتایون و سپس به متالوتیونین است، پس از این مراحل مس برای ترشح در صفرا، سنتز سرولوپلاسمین (پروتئین اصلی ناقل) و ذخیره‌سازی در بافت‌ها مسیرهای متفاوتی را طی می‌کند (Bremner, 1993). در طی کمبود مس، افزایش در فعالیت کبدی آنزیم‌های دخیل در سنتز گلوکاتایون (Chen et al., 1995) ممکن است کارایی جذب کبدی مس را ارتقاء دهد، همان گونه که در معرض سلینیوم مازاد بودن سبب این افزایش کارایی می‌گردد (هارتمن و ون‌رایسن، ۱۹۹۷). در نقاط دیگر بدن، جذب مس احتمالا از طریق گیرنده‌های سرولوپلاسمین در غشاهای سلولی صورت می‌گیرد (مک‌آردل، ۱۹۹۲، سائکو و همکاران، ۱۹۹۴).

## هومئوستازی

تنظیم نوسانات مس در بدن غالبا توسط ذخایر کبدی و دفع مس درون صفرا انجام می‌گیرد، اما تقسیم‌بندی مس به دام افتاده در کبد در بین گونه‌ها بسیار متغیر است؛ نشخوارکنندگانی که در معرض کمبودهای ناشی از محیط قرار دارند با تمایل زیادی مس مازاد را ذخیره می‌کنند، در حالی که گونه‌های غیرنشخوارکنندگان که خطر کمبود آنها را تهدید نمی‌کند به راحتی مس مازاد را از طریق صفرا دفع کرده و سطح مس کبد را پایین نگه می‌دارند (شکل ۱). همچنین در بین رسته‌های مختلف تفاوت وجود دارد، گاو سریعتر از گوسفند از طریق دفع صفراوی ذخیره کبدی را محدود می‌کند (Phillippo and Graca, 1983). طی تقلیل ذخایر در نشخوارکنندگان، نرخ کاهش مس کبدی همبستگی مثبتی با غلظت مس کبد دارد (ووليامز و همکاران، ۱۹۸۳، فرویدنبرگر و همکاران، ۱۹۸۷)، که تاییدی بر کنترل هومئوستاتیک از طریق دفع صفراوی می‌باشد. دفع مس از طریق ادرار معمولا در تمام گونه‌ها مقدار کوچک و ثابتی است و تحت تاثیر مس مصرفی قرار نمی‌گیرد، هرچند در گوسفند تحت تاثیر مصرف مولیبدن افزایش می‌یابد (اسمیت و همکاران، ۱۹۶۸؛ مارسیلیس و همکاران، ۱۹۷۰).



شکل ۱- تفاوت گونه‌های حیوانی در ذخیره مس در کبد متناسب با افزایش مس جیره

### مس کبد

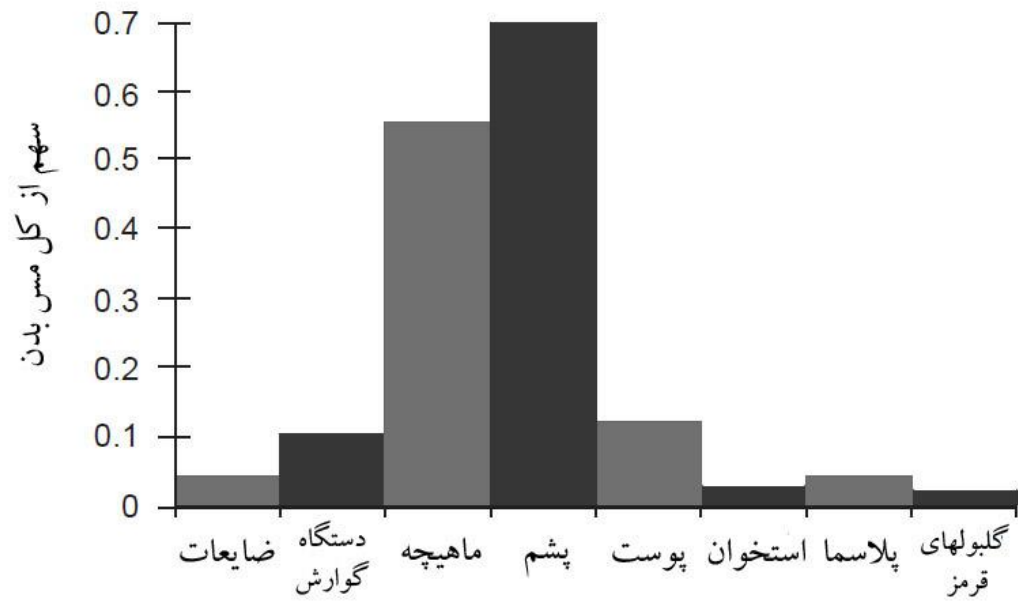
در تحقیقات ابتدایی که روی گوسفند و گاو از شیر گرفته شده انجام گردیده بود، مقادیر ۲۵-۲۰ میلی گرم مس در کیلوگرم ماده خشک کبد به عنوان نشانه کمبود در نظر گرفته می‌شد. شواهد بعدی نشان داد که این مقدار که به عنوان شاخص کمبود در حیوانات معمولی در نظر گرفته می‌شد می‌تواند ۷۵ درصد کمتر باشد (اسمیت و کوپ، ۱۹۷۳؛ ساتل، ۱۹۸۷). از آنجایی که کبد محل اصلی ذخیره‌سازی مس در بدن است، مقدار مس کبد شاخص مهمی برای بیان مراحل کاهش آن است تا شاخصی برای تشخیص کمبود آن (رادوستیتس و همکاران، ۲۰۰۰). اکرت و همکاران (۱۹۹۹) در تحقیقی به بررسی وضعیت مس در میش‌هایی پرداختند که سطوح افزایشی از دو نوع مکمل مس (سولفات مس و مس پروتئینات) دریافت می‌کردند. طبق گزارش این محققین اثر متقابلی بین سطح و نوع مس برای تراکم مس در کبد و کلیه مشاهده شد. زمانی که مقادیر افزایشی مس به شکل پروتئینات تغذیه شد،

مس کبد میل به کاهش داشت اما با مقادیر افزایشی مس به شکل سولفات افزایش یافت. اکرت و همکاران اینطور نتیجه‌گیری کردند که مس پروتئینات زمانی که در سطوح معمولی تغذیه می‌شود مس کبدی را در سطح بالاتری نگه می‌دارد، و زمانی که در مقادیر مضاعف تغذیه می‌شود نسبت به سولفات مس سطح مس کبد را پایین‌تر نگاه می‌دارد.

### توزیع مس در بافت‌های غیر کبدی

در بافت‌های مختلف بدن غلظت‌های بسیار متفاوتی از مس وجود دارد، مخصوصاً قلب و کلیه‌ها غنی از این عنصر می‌باشند (به ترتیب  $3/1$  و  $3/6$  میلی‌گرم مس در کیلوگرم وزن تازه در گوسفند؛ گریس، ۱۹۸۳). ماهیچه اصلی‌ترین منبع غیر کبدی مس است و بطور نسبی مقادیر زیادی در پشم ذخیره می‌گردد (شکل ۲). کمبود مس سبب کاهش گسترده در تراکم مس بافت‌ها می‌گردد اما این کاهش در کبد بیشترین ظهور را داشته و در مغز کمترین (ساتل و آنگوس، ۱۹۷۶). پورجعفر و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیقی بر روی بز انجام دادند گزارش کردند که بیشترین میزان همبستگی بین مقادیر مس سرم و سرولوپلاسمین و کمترین همبستگی بین مقادیر مس کبد و مس کلیه بود.





شکل ۲- توزیع مس در بدن گوسفند بالغ، مقادیر نسبتاً زیاد مس در پشم نیز نشان داده شده است (برگرفته از آندروود و ساتل، ۱۹۹۹).

حمیدرضا همتی متین

پیشگامان سپند گستر