فصل سوم

ترکیبات شیر مادر

در هیچ مرحله‌ای از زندگی نیست که تنها یک ماده غذایی مانند شیر مادر بتواند به عنوان تنها منبع کافی غذا برای انسان عمل کند مگر در اوایل دوران شیرخوارگی. شیر مادر یک مایع پیچیده و پویا است که مواد مغذی و فاکتورهای زیست فعال (بیواکتیو) مورد نیاز برای سلامت و تکامل شیرخوار را دارد. در این فصل به شرح ترکیبات حفاظتی تغذیه‌ای و غیر تغذیه‌ای منحصر به فرد شیر مادر می پردازیم.

ترکیبات غذایی

ترکیبات تغذیه ای شیر انسان، دائما در حال تغییر است به طوری که ممکن است در طول مدت شیردهی، در طول یک روز، در یک وعده تغذیه و از زنی به زن دیگر تغییر نماید. ترکیبات متنوع در شیر انسان، مواد مغذی ویژه‌ای را فراهم می‌کند که با نیازهای در حال تغییر شیرخوار تطابق داشته و همچنین مجموعه ای از طعم ها و مزه ها در آن وجود دارد که قوای حسی شیرخوار را تحریک می‌کند. درک این مسئله که شیر انسان ویژگی های منحصر به فردی برای فرزندان وی دارد، از اهمیت خاصی برخوردارست. بسیاری از ترکیبات شیر انسان، وظایف دوگانه‌ای برعهده دارند، بدین معنا که یک ترکیب به تنهایی ممکن است باعث بهبود تغذیه و سیستم دفاعی میزبان و یا بهبود تغذیه و تکامل سیستم عصبی او شود.

«کلستروم» شیر تولید شده در چند روز اول پس از زایمان است که به علت غلظت زیاد پروتئین و پادتن موجود در آن، نسبتاً غلیظ تر است. عبور از این مرحله به مرحله شیر رسیده، در حوالی روزهای سوم تا پنجم پس از زایمان با شروع مرحله لاکتوژنز II آغاز می شود و شیر رسیده حوالی روز دهم پس از زایمان ظاهر می‌شود. در جدول ۱-۳ میزان مواد تشکیل دهنده شیر رسیده مادر ذکر شده است.

جدول ۱-۳ - مقدار مواد تشکیل دهنده شیر انسان

ترکیبات (در لیتر)	شیر رسیده (در هفته دوم شیردهی)
انرژی (کیلوکالری)	۶۵۰-۷۰۰
درشت مغذی ها (macronutrients)	
لاکتوز (گرم)	۶۷-۷۰
اولیگوساکاریدها (گرم)	۱۲-۱۴
نیتروژن کل (گرم)	۱/۹

نیتروژن غیر پروتئینی (درصد از نیتروژن کل)	۲۳
نیتروژن پروتئینی (درصد از نیتروژن کل)	۷۷
پروتئین کل (گرم)	۹
چربی کل (گرم)	۳۵
تری گلیسیرید (درصد از چربی کل)	۹۷-۹۸
کلسترول (درصد از چربی کل)	۰/۴-۰/۵
فسفولیپیدها (درصد از چربی کل)	۰/۶-۰/۸
ویتامین های محلول در آب	
اسید اسکوربیک (میلی گرم)	۱۰۰
تیامین (میکروگرم)	۲۰۰
ریبوفلاوین (میکروگرم)	۴۰۰-۶۰۰
نیاسین (میلی گرم)	۱/۸-۶/۰
ویتامین ب ۶ (میلی گرم)	۰/۰۹-۰/۳۱
فولات (میکروگرم)	۸۰-۱۴۰
ویتامین ب ۱۲ (میکروگرم)	۰/۵-۱/۰
اسید پانتوتنیک (میلی گرم)	۲-۲/۵
بیوتین (میکروگرم)	۵-۹
ویتامین های محلول در چربی	
رتینول (میلی گرم)	۰/۳-۰/۶
کارتنوئیدها (میلی گرم)	۰/۲-۰/۶
ویتامین K (میکروگرم)	۲-۳
ویتامین D (میکروگرم)	۰/۳۳
ویتامین E (میلی گرم)	۳-۸
کلسیم (میلی گرم)	۲۰۰-۲۵۰
منیزیم (میلی گرم)	۳۰-۳۵
فسفر (میلی گرم)	۱۲۰-۱۴۰
سدیم (میلی گرم)	۱۲۰-۲۵۰
پتاسیم (میلی گرم)	۴۰۰-۵۵۰
کلراید (میلی گرم)	۴۰۰-۴۵۰
عناصر کمیاب	
آهن (میلی گرم)	۰/۳-۰/۹
روی (میلی گرم)	۱-۳

مس (میلی گرم)	۰/۲-۰/۴
منگنز (میکرو گرم)	۳
سلنیوم (میکرو گرم)	۷-۳۳
ید (میکروگرم)	۱۵۰
فلوراید (میکروگرم)	۴-۱۵

برگرفته از:

Picciano MF. Representative values for constituents of human milk. Pediatr Clin North Am.2001, 48:263264-, with permission from Elsevier.

نیتروژن

نیتروژن شیر مادر از ۸۰ درصد پروتئین و ۲۰ درصد ترکیب غیر پروتئینی تشکیل شده است. در چند هفته اول پس از زایمان، میزان کل نیتروژن شیر مادرانی که شیرخوار نارس دارند (شیر نارس) از شیر زنانی که شیرخوار ترم دارند (شیر رسیده) بیشتر است. در طی ۲ تا ۴ هفته پس از زایمان، میزان نیتروژن پروتئین شیر مادر کاسته می‌شود و پس از آن تا زمان از شیر گرفتن شیرخوار، نسبتا ثابت می‌ماند. در طول دوره شیردهی، ترکیبات نیتروژنی غیر پروتئینی مانند اسیدهای آمینه آزاد، نوکلئوتیدها، کارنی‌تین، کراتی‌نین و اوره نسبتاً ثابت می‌ماند و در مقایسه با شیر گاو (۵ درصد) نسبت بیشتری از کل نیتروژن شیر (۲۰ درصد) را تشکیل می‌دهد.

پروتئین وِی (Whey) و کازئین (Casein)

در کیفیت پروتئین بین شیر انسان و گاو تفاوت وجود دارد. در شیر انسان ۷۰ درصد وِی و ۳۰ درصد کازئین وجود دارد درحالیکه در شیر گاو ۱۸ درصد وِی و ۸۲ درصد کازئین موجود است. کازئین‌ها پروتئین‌هایی با قابلیت حلالیت پایین در محیط اسیدی هستند. پروتئین‌های وِی محلول بوده و بعد از اسیدی شدن به صورت محلول باقی می‌مانند. به طور کلی، جزء وِی در شیر آسان‌تر هضم می‌شود و با سرعت بیشتری از معده تخلیه می‌گردد.

الگوی اسید آمینه پلاسما در کودکانی که با شیر مادر تغذیه می‌شوند مدلی برای محلول‌های اسید آمینه خوراکی و تزریقی است. پروتئین وِی، غلظت کمتری از فنیل آلانین، تیروزین و متیونین فراهم می‌کند که این ویژگی نیز برای شیرخوار انسان اختصاصی می‌باشد.

ترکیبات پروتئین شیر انسان در اعمال و بخش‌های متنوعی شرکت دارند از جمله نقش تغذیه ای (اسیدهای آمینه)، فاکتورهای حفاظتی سیستم دفاعی میزبان (ایمونوگلوبولین ها، لیزوزیم ها و لاکتوفرین)، فاکتورهای فعال آنزیمی (آمیلاز و نمک صفراوی- محرک لیپاز) و سایر فاکتورهای فعال بیولوژیکی (انسولین و فاکتور رشد

اپیدرمال EGF). در مقایسه با شیر گاو در جزء وی شیر انسان، پروتئین‌های مختلفی وجود دارند. پروتئین اصلی وِی در شیر انسان، آلفا لاکتالبومین است که کاملا قابل تمایز از پروتئین اصلی وِی در شیر گاو یعنی بتا لاکتوگلوبولین است. لاکتوفرین، لیزوزیم و ایمونوگلوبولین ترشحی A (SIgA) پروتئین‌های اختصاصی موجود در جزء وی هستند که فقط در شیر انسان موجود بوده و در سیستم دفاعی بدن میزبان نقش دارند. از آنجا که این پروتئین‌ها در مقابل هضم پروتئولیتیک (Proteolytic) مقاوم هستند، با لایه‌ای که همانند آستر روی دستگاه گوارش می‌کشند، مانند خط مقدم دفاعی عمل می‌کنند.

کربوهیدرات‌ها

اصلی‌ترین کربوهیدرات در شیر انسان، دی ساکارید لاکتوز است که میزان و حجم آن همزمان با پیشرفت لاکتوژنز از مرحله کلستروم تا شیر رسیده، افزایش می‌یابد. محتوای لاکتوز شیر رسیده، تقریباً ثابت می‌ماند. تنها بخش کوچکی از لاکتوز جذب نمی‌شود. این مقدار لاکتوز غیر قابل جذب، موجبات قوام نرم‌تر مدفوع، کاهش فلور باکتری‌های بیماری‌زای مدفوع و جذب بیشتر مواد معدنی را فراهم می‌کند. اولیگو ساکاریدها، پلیمرهای کربوهیدراته هستند که حدود ۵ تا ۱۰ درصد کل کربوهیدرات شیر انسان را تشکیل می‌دهند. بیشتر از ۱۰۰ نوع اولیگوساکارید مختلف در شیر انسان وجود دارد. اولیگوساکاریدها علاوه بر نقشی که در تغذیه دارند، نقش مهمی در سیستم دفاعی شیرخوار داشته و به عنوان عوامل پره بیوتیک (prebiotic) کلونیزاسیون باکتری‌های مفید روده‌ای را تحریک و کلونیزاسیون باکتری‌های بیماری‌زا را کاهش می‌دهند.

چربی‌ها

چربی‌ها بخش عمده تولید کننده انرژی شیر انسان را تشکیل داده و تقریباً ۵۰ درصد کالری شیر مربوط به این جزء است.

ترکیب چربی شیرمادر

ترکیب چربی شیر انسان، از یک گلبول چربی شیر ارگانیزه، یک نمک صفراوی محرک لیپاز و مقدار زیادی اسیدهای چرب ضروری [اسیدهای لینولئیک (C۱۸:۲ ω۶) و لینولنیک] (C۱۸:۳ ω۳) تشکیل شده است. اسیدهای چرب شیر مادر به صورت تری‌گلیسیرید هستند.

جذب چربی

محصول نهایی فعالیت لیپاز روی مولکول تری‌گلیسیرید در قسمت‌های ابتدایی روده کوچک، به صورت اسیدهای چرب آزاد و ۲ مونوگلیسیرید است. اسید پالمیتیک (Palmitic acid) اسیدچرب غالب است که در

وضعیت دوگانه مولکول تری‌گلیسیرید استریفیه می‌شود. لذا پس از هیدرولیز، به مولکول گلیسرول دوگانه باند می‌شود و از تشکیل صابون که بر اثر واکنش با مواد معدنی ایجاد می‌گردد، جلوگیری می‌گردد. بنابراین این ارتباط ساختاری، شبکه جذب مواد معدنی و چربی شیر انسان را افزایش می‌دهد. جذب چربی و مواد معدنی شیر انسان به همین دلیل بالاتر است.

اسیدهای چرب

الگوی اسیدهای چرب شیر انسان از نظر ترکیب اسیدهای چرب اشباع نشده با زنجیره بلند منحصر به فرد است. اسید آراشیدونیک (C۲۰:۴ ω۶) و اسید دوکوزاهگزانوئیک (C۲۲:۶ ω۳) که به ترتیب مشتقاتی از اسیدهای چرب ضروری لینولئیک و لینولنیک هستند، فقط در شیر انسان یافت شده و در شیر گاو وجود ندارند. در شیرخواران کوچک‌تر اسیدها نه تنها برای تأمین انرژی جهت رشد، بلکه برای عملکرد بافت شبکیه و بافت عصبی نیز مهم و ضروری می‌باشند. اسید آراشیدونیک و دوکوزاهگزانوئیک اسید، اجزای تشکیل دهنده غشاهای فسفولیپیدی مغز و شبکیه بوده و بنابراین در بهبود عملکرد بینایی و پیامدهای عصبی تکاملی دخالت دارند.

تغییرپذیری محتوای چربی

در بین ترکیبات شیر انسان، محتوی کلی چربی بیشترین تنوع و تغییرپذیری را دارد. چربی شیر انسان در طول دوران شیردهی اندکی افزایش می‌یابد، میزان آن در طول روز در هر وعده تغییر می‌کند. همچنین در مدت یک وعده شیردهی (از شیر پیشین به شیر پسین) افزایش پیدا می‌کند و از مادری به مادر دیگر نیز میزان آن متفاوت است. در طول یک وعده شیردهی، میزان لیپید شیر مادر از شروع (شیر پیشین) تا خاتمه شیردهی (شیر پسین) ۲ تا ۳ برابر افزایش می‌یابد. شیر مادران چاق و دارای اضافه وزن، میزان چربی بیشتری دارد. وقتی شیر انسان مدتی در یک ظرف میماند چون هموژنیزه نیست چربی آن از اجزای دیگر شیر جدا می‌شود. این غیر هموژن بودن شیر انسان، در جمع‌آوری و ذخیره‌ی شیر کاربرد دارد (فصل ۱۱).

شیر پیشین زیاد؟

اگر مادر طول مدت شیردهی را محدود کند و قبل از اینکه یک پستان تخلیه شود، شیرخوار را به پستان دیگر بگذارد، شیرخوارش ممکن است به دفعات بیشتری شیر بخورد اما کالری کمتری دریافت خواهد کرد. افزایش وزن شیرخوار نیز ممکن است تحت تأثیر قرار بگیرد، گرسنگی شیرخوار برطرف نشده و به علت وجود نسبت بیشتر لاکتوز (و چربی کمتر) در شیردریافتی، مدفوع وی ممکن است حجیم و حباب دار شود. در چنین

مواردی شـیرخوار دوسـت دارد زود به زود تغذیه شود و دفعات تغذیه افزایش پیدا می‌کند. این موضوع تولید شـیر را تحریک نموده اما شـیرخوار علی‌رغم دریافت حجم خوبی از شیر و انتقال شیر، گرسنه به نظر می‌رسد. طولانی کردن مدت شیردهی برای کسب اطمینان از تخلیه کافی پستان، اغلب این مشکل را برطرف می‌کند. به طور مشـابه، در صورت تخلیه ناکامل پسـتان در زمان دوشیدن مکانیکی شیر، ممکن است چربی کافی از شیرپسین را فراهم نکند.

مواد معدنی و عناصر کمیاب

اگر چه میزان کلسـیم و فسـفر شیر انسان در طول دوره شـیردهی تقریباً ثابت است، اما میزان آن‌ها نسبت به شـیر گاو و شـیر مصنوعی بطور قابل توجهی کم‌تر است. مینرال های درشـت در شیر انسان در مقایسه با مواد معدنی موجود در شـیر مصنوعی، زیسـت دسترسی بیشتری (قابلیت جذب آسـان) دارند زیرا این ترکیبات به پروتئین‌های قابل هضم متصل شـده، کمتر به اسـیدهای چرب باند میشـوند و در اشـکال یونیزه و پیچیده وجود دارند که قابلیت جذب بیشـتری دارند. با آن که دریافت مواد معدنی از طریق شـیر انسـان کم‌تر است، اما مواد معدنی موجود در استخوان شیرخوارانی که با شیر مادر تغذیه می‌شوند طبیعی تلقی شده و به عنوان معیاری برای مینرالیزاسیون استخوان در کودکان شیر مصنوعی خوار در نظر گرفته می‌شود.

غلظت آهن شـیر انسـان کم اسـت، در حالی که غلظت روی در ابتـدا چندین برابر بالاتر بـوده و در طول دوره شـیردهی به سرعت کم می‌شـود. در ماه‌های اول زندگی، شـیرخواران برای رفع نیازهای فیزیولوژیک به آهن ذخیره خود در بدو تولد وابسته هستند. تا حدود۶ ماهگی، معمولاً ذخایر آهن مصرف می‌شود و برای حمایت از اریتروپوئیزیس (erythropoiesis) و پیشـگیری از کمبود، لازم اسـت آهن مورد نیاز از منابع دیگر تأمین شود. همچنیـن کاهش فیزیولوژیک غلظت روی درشـیر مادر نیازمند اسـتفاده از غذاهای کمکـی بعد از ۶ ماهگی می‌باشد.

ویتامین‌ها

به طور کلی میزان ویتامین شیر انسان تحت تأثیر وضعیت تغذیه و دریافت ویتامین مادر می‌باشد.

ویتامین K

در شـیرخواران کم سـن که ویتامین k دریافت نکرده باشـند، کمبـود ویتامین k می‌توانـد منجر به اختلالات انعقاد خون و بیماری‌های خونریزی دهنده شـود. میزان ویتامین k در شیر انسان پایین است. بنابراین برای اطمینان از کفایت میزان ویتامین k، همه شیرخواران باید در زمان تولد یک دُز داخل عضلانی ویتامین k (۱-

۰/۵ میلی‌گرم) دریافت کنند. گرچه، تک دز خوراکی ویتامین k برای پیشگیری از بیماری‌های خونریزی دهنده در نوزادان کافی نمی‌باشد (فصل ۸).

ویتامین D

از آنجا که میزان ویتامین D موجود در شیر مادر کم است منابع تغذیه‌ای طبیعی ویتامین D برای شیرخوار پایین می‌باشد. تماس و مواجهه کافی با نور خورشید برای سنتز جلدی ویتامین D نیز به راحتی حاصل نمی شود. علاوه بر این، تجویز خوراکی ویتامین D به مادران شیرده نیز نمی‌تواند مقدار ویتامین D کافی برای شیرخوار وی فراهم نماید، مگر در دوزهای بسیار بالا. بنابراین توصیه برای اطمینان از کفایت ویتامین D بازنگری شده و همه شیرخواران از جمله شیرخواران دارای تغذیه انحصاری با شیر مادر را نیز دربرمی‌گیرد. کلیه شیرخواران باید روزانه ۴۰۰ IU ویتامین D بصورت خوراکی، همزمان با ترخیص از بیمارستان یا بلافاصله پس از تولد دریافت کنند (فصل ۸).

اجزای غیر تغذیه‌ای شیر انسان

پروتئین‌های زیست فعال (بیواکتیو)

عوامل خاص مانند لاکتوفرین، لیزوزیم و SIgA در جزء وی شیر انسان قرار دارند (جدول ۲-۳). لاکتوفرین یک پروتئین فعال است که در حالت عدم اتصال به آهن (آپولاکتوفرین)، فعالیت ضد میکروبی خود را نشان می‌دهد. لاکتوفرین با اتصال به آهن اضافی، از برداشت آهن به وسیله باکتری جلوگیری نموده و رشد باکتری‌های غیر بیماری زا را تقویت می‌کند. همچنین لاکتوفرین به همراه سایر پروتئین‌های دفاعی بدن میزبان، باکتری‌ها و ویروس‌ها را از بین می برد. لاکتوفرین به عنوان محرکی در رشد مخاط روده مشارکت دارد. لیزوزیم نیز با اتصال آمینواسیدها به دیواره سلول باکتری، بر علیه آنها عمل می‌کند.

ایمنوگلوبولین ترشحی (sIgA) IgA عمده‌ترین ایمونوگلوبولین در شیر انسان است و به وسیله بافت لنفوئیدی روده مادر در مقابله با آنتی‌ژن‌های خاص ساخته می‌شود و به سرعت به داخل شیر انتقال می‌یابد و برای خنثی نمودن آنتی‌ژن‌های خارجی وارد عمل می‌شود. بیشترین غلظت IgA در کلستروم است و در ۴ هفته اول پس از زایمان، کاهش می‌یابد. کمترین میزان آن نیز در ۶ ماهگی است و سپس به میزان کمی افزایش می‌یابد و بعد از آن در طول ۲ سال شیردهی، تقریباً به همان میزان ثابت می‌ماند. در شیر انسان، IgG، IgM، IgD و IgE نیز وجود دارد.

سیتوکین‌ها، پروتئین‌های چندکاره ای هستند که به وسیله سلول‌های ایمنی تولید می‌شوند و بر روی فعالیت

و تکامل سیستم ایمنی تأثیر می‌گذارند. سیتوکین‌های پیش التهابی شامل اینترلوکین‌ها (ILs) هستند. IL-6 و IL-8، پیش التهابی بوده و فعالیت سلول‌های B را تحریک و نوتروفیل‌ها را به کار می‌گیرند. و سیتوکین‌های ضد التهابی شامل IL-10 و فاکتور رشد transforming growth factor - β می‌باشد. برخی اسیدهای آمینه آزاد خاص، دو نقش را در بدن شیرخواران ایفا می‌کنند. تورین رشد روده را سبب گردیده و گلوتامین به منزله سوخت برای انتروسیت عمل می‌کند و بر سیستم ایمنی روده تأثیر می‌گذارد.

چربی‌ها و کربوهیدرات‌های زیست فعال (بیواکتیو)

محصول هیدرولیز چربی‌ها یعنی اسیدهای چرب آزاد و مونوگلیسیریدها، از طریق جلوگیری از اتصال باکتری‌های بیماری‌زا، در برابر طیفی از پاتوژن‌ها و در نتیجه، در برابر بروز عفونت از خود فعالیت ضدمیکروبی نشان می‌دهند (جدول ۲-۳). اولیگوساکاریدها و گلیکوپروتئین‌ها، شبیه به گیرنده‌های اپی تلیوم باکتری‌ها در دستگاه تنفسی و دستگاه گوارش عمل می‌کنند و با این روش، از چسبیدن عوامل پاتوژنیک به پوشش اپی تلیوم سطوح مخاطی جلوگیری می‌کنند. باکتری غالبی که در دستگاه گوارش شیرخواران شیر مادر خوار یافت می‌شود، لاکتوباسیلوس بیفیدوس است. یک نوع کربوهیدرات محتوی نیتروژن در شیر انسان (فاکتور بیفیدوس) وجود دارد که در شیر سایر پستانداران یافت نمی‌شود و از رشد لاکتوباسیل غیر بیماری‌زا حمایت می‌کند. نتیجه این عمل مهار رشد باکتری‌های بیماری‌زا است.

جدول ۲-۳- فاکتورهای زیست فعال (بیواکتیو) در شیر انسان

ایمنوگلوبولین ترشحی A (SIg A)	عملکرد ضد عفونت بر علیه آنتی‌ژن خاص
لاکتوفرین	دارای خاصیت تقویت سیستم ایمنی (Immunomodulation)، ترکیب شدن با آهن، ضدچسبندگی، محرک رشد روده‌ای
لیزوزیم	تخریب باکتری، رساندن پاسخ ایمنی به حد مطلوب
k-کازئین	دارای اثر ضدچسبندگی برای فلور باکتریایی، بهبود رشد
الیگوساکاریدها	پره بیوتیک، محرک کلونیزاسیون باکتری‌های مفید و مهارکننده اتصال باکتری‌های پاتوژن
سیتوکین‌ها	تنظیم عملکرد محافظتی مخاط روده
اینترلوکین‌ها (IL-6, IL-8)	خاصیت پیش التهابی
اینترفرون (IFN)	خاصیت پیش التهابی
فاکتور نکروز کننده تومور (TNF)	محرک فعال سازی سیستم دفاعی التهابی
فاکتورهای رشد	
فاکتور رشد اپیدرمی (EGF)	محافظت از لوله گوارش، ترمیم روده
فاکتور تبدیل به رشد (TGF)	بهبود رشد سلول‌های اپی‌تلیال، مهار عمل لنفوسیت‌ها
فاکتور رشد عصبی (NGF)	رشد سلول‌ها و بافت‌های عصبی، کبدی و روده‌ای
فاکتور رشد شبه انسولین (IGF)	
فاکتور محرک کلونی گرانولوسیت (G-CSF)	
فاکتور رشد اندوتلیوم عروقی (VEGF)	بهبود ساخت عروق و ترمیم بافتی
آنزیم‌ها	
لیپاز محرک نمک صفراوی (BSSL)	تولید اسیدهای چرب آزاد، فعالیت آنتی باکتریال
استیل هیدرولاز-فاکتور فعال کننده پلاکت	مهار فعالیت فاکتور فعال کننده پلاکت
گلوتاتیون پراکسیداز	پیشگیری از پراکسیداسیون چربی، ضدالتهاب
نوکلئوتیدها	افزایش بلوغ سلول‌های T، پاسخ پادتن، فلور باکتریایی
ویتامین‌های C, E, A	آنتی اکسیدان (جستجوی رادیکال‌های اکسیژن)
آمینو اسیدها	
گلوتامین	رساندن سوخت به سلول‌های روده‌ای، پاسخ ایمنی
هورمون‌ها	خواص ضد عفونت، رساندن پاسخ ایمنی به حد مطلوب
لپتین	تنظیم دریافت غذا و سوخت و ساز انرژی
ادیپونکتین	کاهش سیتوکین‌های پیش التهابی، بهبود حساسیت به انسولین، افزایش سوخت و ساز اسیدهای چرب
اریتروپویتین (EPO)	محرک تولید گلبول‌های قرمز خون

برگرفته از:

Hamosh M. Bioactive factors in human milk. Pediatr Clin North Am. 2001; 48: 69-86, with permission from Elsevier.

عناصر سلولی

شیر انسان، حاوی سلول‌های زنده‌ای همچون ماکروفاژها، لنفوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها و سلول‌های اپی تلیومی است. کلستروم حاوی بیشترین سلول است که بیشتر آن را نوتروفیل‌ها تشکیل می‌دهند. با رسیده شدن شیر، تعداد سلول‌های آن کاهش می‌یابد و نوع سلول‌ها به سلول‌های مونونوکلوئر (تک هسته‌ای) مانند ماکروفاژها (۹۰ درصد) و لنفوسیت‌ها (۱۰ درصد) تغییر می‌یابد. نوتروفیل‌های موجود در کلستروم، کشتن باکتری‌ها، فاگوسیتوز و کموتاکسی را بهبود می‌بخشند. برخی از محققان، نوتروفیل را به عنوان محافظ غده پستان در مقابله با التهاب می‌دانند. ماکروفاژ در شیر انسان، در عمل فاگوسیتوز، ترشح لیزوزیم، کشتن باکتری‌ها و کمک به لنفوسیت‌ها برای دفاع از میزبان نقش دارند.

نوکلئوتیدها

پیش سازهای ضروری (مستقیم) سنتز DNA و RNA هستند. گزارش شده است که نوکلئوتیدهای موجود در رژیم غذایی، در فعالیت‌های دفاعی، جذب آهن، فلور روده‌ای، سوخت و ساز لیپوپروتئین و رشد سلولی بافت‌های روده‌ای و کبدی مؤثرند.

هورمون‌ها و فاکتورهای رشد

بسیاری از هورمون‌ها (از قبیل کورتیزول، سوماتومدین C، فاکتورهای رشد شبه انسولین، انسولین و هورمون تیروئید)، فاکتورهای رشد (مانند EGF، فاکتور رشد عصبی) و واسطه‌های معدی-روده‌ای (مثل نوروتنسین و موتیلین) در شیر انسان موجودند که در اعمال معدی روده‌ای و یا ترکیبات بدنی موثر می‌باشند (جدول ۲-۳). مثلاً EGF، یک پلی پپتید محرک سنتز DNA، سنتز پروتئین و تکثیر و رسیده شدن سلول‌های روده‌ای است. EGF، از هضم پروتئولیتیک جلوگیری می‌کند و یکی از وظایفش، حفاظت از لوله گوارش و ترمیم صدمات مخاط روده است. فاکتورهای رشد عصبی (NGF) در تکوین اعصاب دستگاه روده‌ای، از طریق بهبود رشد و بلوغ عصب ایفای نقش می‌کنند.

لپتین و آدیپونکتین هورمون‌هایی هستند که در پستان تولید شده و در شیر انسان یافت می‌شوند. این مواد به ترتیب نقش مهمی در تنظیم دریافت غذا و سوخت و ساز انرژی، حساسیت به انسولین و سوخت و ساز اسیدهای چرب ایفا می‌کنند. میزان لپتین و آدینوپکتین در شیر انسان بسته به چاقی مادر، نژاد و طول مدت شیردهی متفاوت است. تأثیر فنوتیپ مادر بر این مواد و سایر ترکیبات زیست فعال در شیر انسان و اثرات آنها بر رشد شیرخوار، زمینه‌هایی برای تحقیقات فراوان هستند.

سیستم‌های ایمنی روده‌ای-پستانی و برونشی-پستانی

(Enteromammary and Bronchomammary Immune System)

هنگامی که مادر، چه ازطریق سیستم روده‌ای و چه از سیستم تنفسی، در معرض حملات آنتی‌ژن‌های خارجی قرار می‌گیرد سیستم‌های ایمنی روده‌ای-پستانی و برونشی-پستانی وی شروع به تولید پادتن SIgA می‌کند. پلاسماسل‌ها، سیستم لنفاتیک را طی می‌کنند و در سطوح مخاطی از جمله پستان ترشح می‌شوند. بنابراین مصرف شیر انسان، سبب کسب ایمنی پاسیو توسط آنتی بادی SIgA در شیرخوار بر علیه آنتی‌ژن‌های مختلف می‌گردد. این پاسخ نسبتاً سریع و در عرض ۳ تا ۴ روز بعد از تماس مادر با آنتی‌ژن خارجی رخ می‌دهد و پادتن‌ها در شیر ظاهر می‌شوند. تماس بسیار نزدیک مادر و شیرخوار در زمان شیردهی، چنین سیستمی را فعال می‌نماید. اجرای پروتکل‌های تماس پوست به پوست برای شیرخواران نارس بستری در بیمارستان، این نزدیکی و تماس بیولوژیکی را تسهیل می‌کند.

تغییرات ایجاد شده در برخی از ترکیبات ایمنی بخش شیر مادر در پاسخ به عفونت در شیرخواران شیرمادرخوار اندازه‌گیری شده است. در شیرخواران شیرمادرخوار در طول عفونت فعال، میزان ماکروفاژها و فاکتور tumor necrosis factor-α در شیر مادر افزایش داشته است که نشان دهنده یک واکنش پویا و دینامیک بین وضعیت سلامت شیرخوار و مواد دفاعی ایمنولوژیک موجود در شیرمادر می‌باشد.