

Research Review

Die Logistik der Muttermilch und des Stillens

Die Logistik, d.h. die Prozesse hinter der Versorgung mit Muttermilch auf der neonatologischen Intensivstation, kann komplex sein. Dieser Review beschreibt die aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Optimierung der logistischen Prozesse auf der neonatologischen Intensivstation mit dem Ziel, die verfügbare Menge an Muttermilch für Frühgeborene und deren Qualität zu maximieren.

Medela: Umfassende Lösungen für Muttermilch und das Stillen

Seit mehr als 50 Jahren verfolgt Medela ein Ziel: die Gesundheit von Mutter und Kind durch die lebensspendenden Vorteile der Muttermilch zu fördern. In dieser Zeit hat sich das Unternehmen darauf konzentriert, die Bedürfnisse der Mütter und das Verhalten von Säuglingen zu verstehen. Die Gesundheit der Mütter und ihrer Säuglinge während der wertvollen Stillzeit steht im Mittelpunkt aller Aktivitäten von Medela. Auch in Zukunft wird Medela die explorative Forschung im Bereich Muttermilch und Stillen unterstützen und die gewonnenen Erkenntnisse in innovativen Stilllösungen umsetzen.

Durch neue Entdeckungen im Zusammenhang mit den Inhaltsstoffen der Muttermilch, der Anatomie der laktierenden Brust und dem Saugverhalten des Kindes an der Brust hat Medela eine Reihe von Lösungen entwickelt, die neonatologische Intensivstationen dabei unterstützen, die Versorgung mit Muttermilch sicherzustellen und das Stillen zu fördern.

Medela ist sich der Herausforderungen bewusst, die die Versorgung mit Muttermilch auf neonatologischen Intensivstationen mit sich bringt. Die Mutter muss ausreichend Milch produzieren, während das Kind diese Milch auch aufnehmen muss. Außerdem gilt es, hygienische und logistische Herausforderungen zu meistern. Mit dem von Medela angebotenen Produktportfolio sollen die Produktion von Muttermilch und die Ernährung mit dieser gefördert werden. Alle Säuglinge sollen zudem die nötige Unterstützung erhalten, um so früh wie möglich von der Mutter gestillt werden zu können.

Medela ist bestrebt, die neuesten evidenzbasierten Forschungserkenntnisse bereitzustellen, um das Stillen und den Einsatz von Muttermilch auf neonatologischen Intensivstationen zu unterstützen. Ziel der innovativen, forschungsbasierten Produkte sowie des Lehrmaterials ist die Lösung der Probleme, die sich bei der Versorgung mit Muttermilch auf neonatologischen Intensivstationen ergeben.



Wissenschaftliche Forschung

Mit Medelas Anspruch einer überragenden wissenschaftlichen Forschung gelang es dem Unternehmen, modernste Milchpumpen und Produkte für die Ernährung mit Muttermilch zu entwickeln. Medela arbeitet mit erfahrenem medizinischen Fachpersonal zusammen und bemüht sich um die Zusammenarbeit mit Universitäten, Krankenhäusern und Forschungseinrichtungen auf der ganzen Welt.



Produkte

Müttern beim Abpumpen von Muttermilch zu helfen, ist Medelas Kernkompetenz. Dazu gehört das sichere und hygienische Auffangen der Muttermilch in BPA-freien Behältern. Einfache Lösungen für das Beschriften, Aufbewahren, Transportieren, Wärmen und Auftauen – all das trägt zu einem sicheren Umgang mit der kostbaren Muttermilch bei. Damit die Muttermilch beim Kind ankommt, hat Medela eine Reihe innovativer Produkte für verschiedene Stillsituationen entwickelt.



Wissenstransfer

Bei Medela greifen Forschung und Wissenstransfer eng ineinander. Medela bringt Ärzte und Trainer in einer Weise zusammen, die die berufliche Weiterentwicklung, den Wissensaustausch und die Interaktion in der wissenschaftlichen Gemeinschaft fördert.

Um verfügbare Lösungen sowie deren Funktionalität und Wechselwirkungen in den Kontext der Krankenhausabläufe und der evidenzbasierten Entscheidungsfindung zu rücken, hat Medela eine Reihe von Research Reviews erstellt. Die Reviews stehen für Abläufe auf neonatologischen Intensivstationen zur Verfügung, bei denen die Muttermilch und das Stillen eine bedeutende Rolle spielen. Sie behandeln die Entwicklung der Nahrungsaufnahme des Frühgeborenen sowie die Logistik und Infektionskontrolle der Muttermilch.

Die Logistik der Muttermilch und des Stillens

Abstract

Muttermilch ist entscheidend für die Entwicklung und die Gesundheit eines Frühgeborenen. Stillen ist die optimale und sicherste Art, um ein Kind mit Muttermilch zu ernähren. Jedoch können viele Frühgeborene am Anfang noch nicht gestillt werden, was die Versorgung mit abgepumpter Milch auf der neonatologischen Intensivstation zu einer Priorität macht. Evidenzbasierte Verfahren müssen eingesetzt werden, damit die Muttermilch möglichst die Eigenschaften behält, die sie hat, wenn sie frisch aus der Brust kommt. Dazu zählen Abpumpprotokolle für eine bestmögliche Entleerung der Brust, Verfahren für den Umgang und die Aufbewahrung von Muttermilch mit minimalem Verlust der Inhaltsstoffe der Milch und Anreicherungsverfahren, welche die Nährstoffversorgung des Säuglings verbessern. So soll der gesamte Weg der Muttermilch optimiert werden, indem sowohl die Qualität der Muttermilch als auch deren verfügbare Menge auf der neonatologischen Intensivstation maximiert werden.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	5
Der Wert des Stillens und der Muttermilch	6
Die Auswirkung des Stillens auf die Gesundheit	6
Die bioaktiven Inhaltsstoffe der Muttermilch	7
Gesundheitliche Vorteile der Muttermilch	9
Der Weg der Muttermilch auf der neonatologischen Intensivstation	10
Abpumpen von Muttermilch	11
• Initiierung, Aufbau und Aufrechterhaltung der Laktation	11
• Maximierung der Milchbildung	12
• Hygienisches Auffangen von Muttermilch	15
• Zusammenführung und Rückverfolgbarkeit von abgepumpter Milch	15
Aufbewahrung der Milch auf der neonatologischen Intensivstation	16
• Raumtemperatur	16
• Aufbewahrung im Kühlschrank	17
• Einfrieren	17
Handhabung	19
• Auftauen und Erwärmen der Milch	19
• Supplementierung der Muttermilch	21
Füttern	22
Zusammenfassung	23
Literaturhinweise	24

Einleitung

Weltweit sind die Vorteile des Stillens unbestritten.¹⁻⁵ Stillen sorgt für optimale Nährstoffversorgung, für Immunschutz⁶ sowie für eine bessere Bindung zwischen Mutter und Kind direkt nach der Termingeburt und empfiehlt sich deshalb als einzige Nahrungsquelle während der ersten sechs Lebensmonate.¹⁻⁴ Allerdings ist Stillen bei Frühgeborenen am Anfang oft schwierig.⁷ Die notwendige Entwicklung, die normalerweise erst spät während der Schwangerschaft stattfindet, wird unterbrochen und muss entsprechend im postnatalen Umfeld beschleunigt werden. Da die Versorgung mit Muttermilch bei Frühgeborenen in den ersten Lebensmonaten besonders wichtig ist,¹ müssen auf der neonatologischen Intensivstation Verfahren zur Optimierung des Einsatzes von Muttermilch angewendet werden.

Die neonatologische Intensivstation spielt eine wichtige Rolle dabei, Mütter und Kinder bei der Versorgung mit Muttermilch zu unterstützen. Deshalb müssen neonatologische Intensivstationen auf die aktuellsten evidenzbasierten Verfahren zurückgreifen, um sicherzustellen, dass Muttermilch in ausreichender Qualität, Menge und Integrität verfügbar ist. Dieser Research Review zielt darauf ab, den Ärzten und Fachpersonen auf neonatologischen Intensivstationen ein tiefgreifendes Verständnis der neuesten Erkenntnisse zu den Vorteilen von Muttermilch für Frühgeborene zu vermitteln. Dies gilt auch für Maßnahmen, die Mütter bei der Initiierung, dem Aufbau und der Aufrechterhaltung der Milchproduktion unterstützen, und für die logistischen Herausforderungen, mit denen neonatologischen Intensivstationen beim sicheren Auffangen, Umgang und Verabreichen von Muttermilch konfrontiert werden.

Der Wert des Stillens und der Muttermilch

Durch das Stillen wird der Säugling nicht nur mit sämtlichen für ein optimales Wachstum und eine ideale Entwicklung notwendigen Nährstoffen versorgt, es fördert auch den Immunschutz⁶ und die Bindung zwischen Mutter und Kind direkt nach der Geburt. Aufgrund ihrer ausgeprägten Vorzüge wird Muttermilch bei allen termin- und frühgeborenen Kindern empfohlen.

Die Auswirkung des Stillens auf die Gesundheit

Ein enger Körperkontakt zwischen Mutter und Kind während der Frühphase nach der Geburt reguliert und optimiert die Körpertemperatur des Neugeborenen, seine Atmung sowie dessen Säure-Basen-Haushalt.⁸ Außerdem hat der Körperkontakt eine beruhigende Wirkung auf das Kind.^{9,10} Während des Stillens führt der enge Körperkontakt auch zu einer längeren Stillzeit. Außerdem trägt er dazu bei, dass sich der Magen-Darm-Trakt der Mutter an den erhöhten Energiebedarf während der Stillzeit anpasst und entsprechend reagiert.⁷ Stillen stärkt insbesondere die Bindung zwischen Mutter und Kind.¹¹ Durch das Saugen des Kindes wird während dem Milchspendereflex Oxytocin (Abbildung 1) ausgeschüttet. Dieses erhöht den Blutfluss zur Brust, wodurch sich die Hauttemperatur erhöht und ein warmes „Wohlfühlumfeld“ für den Säugling geschaffen wird.¹¹ Mütter, die sofort nach der Geburt direkten Hautkontakt mit ihrem Neugeborenen haben, verbringen mehr Zeit mit ihren Kindern, interagieren während des Stillens mehr mit ihnen¹² und stillen ihre Säuglinge länger¹³. Obwohl sich diese Situation bei Frühgeburten durch die körperliche Trennung von Mutter und Kind sowie anderer medizinischer Umstände unterscheidet, wird Hautkontakt dennoch mit einer erhöhten Milchproduktion und einer früheren Initiierung der Laktation sowie einer besseren körperlichen Verfassung der Frühgeborenen in Verbindung gebracht.^{14–16}

Von den Vorteilen des Stillens profitiert langfristig auch der Gesundheitszustand von Mutter und Kind. Bei der Mutter beschleunigt das Stillen die Rückbildung der Gebärmutter nach der Geburt, senkt das Risiko von Blutungen und unterstützt sie beim Zurückerlangen ihres Gewichts vor der Schwangerschaft.¹⁷ Zusätzlich senkt die Laktation das Risiko der Mutter, an Eierstock- und Brustkrebs, Osteoporose, Diabetes mellitus Typ 2, kardiovaskulären Erkrankungen und rheumatoider Arthritis zu erkranken.^{1,18,19} Bei Säuglingen senkt Stillen zudem das Risiko einer akuten Mittelohrentzündung¹⁹ und fördert eine normale orofaziale Entwicklung²⁰ einschließlich einer verbesserten Dentition, perioralen Muskelaktivität sowie Aktivität des Musculus masseter und eines verbesserten palatinalen Wachstums.^{21,22} Die Versorgung mit Muttermilch wird außerdem mit einem geringeren Risiko für Infektionen des Magen-Darm-Trakts und der Atemwege sowie für eine atopische Dermatitis, Asthma und Leukämie bei Kindern, Diabetes mellitus Typ 1, Übergewicht, eine nekrotisierende Enterokolitis (NEC) und für den plötzlichen Kindstod (SIDS) in Verbindung gebracht.^{1,19,23}

Die bioaktiven Inhaltsstoffe der Muttermilch

Durch das Stillen wird der Säugling mit sämtlichen für ein optimales Wachstum und eine ideale Entwicklung notwendigen Nährstoffen versorgt. Dazu zählen die essenziellen Makronährstoffe (Fette, Kohlenhydrate und Proteine), Mikronährstoffe (Vitamine und Mineralien) und Entwicklungsfaktoren (langkettige mehrfach ungesättigte Fettsäuren, Wachstumsfaktoren und Zytokine). Muttermilch enthält weiterhin bioaktive Inhaltsstoffe, die das Kind vor Infektionen schützen und die Darmentwicklung fördern.

Multifunktionale Proteine, einschließlich sIgA, Laktoferrin und Lysozym, sowie freie Fettsäuren in der Muttermilch fungieren als infektionshemmende Wirkstoffe, die für Frühgeborene unverzichtbar sind.²⁴ Diese Wirkstoffe agieren gemeinsam, um bestimmte Mikroben zu inaktivieren, zu zerstören oder zu binden und somit die Anheftung dieser Mikroben an Schleimhautoberflächen zu verhindern.²⁵ Lebende Zellen (Abbildung 2) werden über die Muttermilch an den Säugling weitergegeben. Dazu zählen u. a. Leukozyten aus dem Blut, Zellen des Brustepithels, Stammzellen und Zellfragmente, die dem Säugling Immunschutz bieten.^{26–28} Außerdem werden auch zahlreiche Oligosaccharide aus der Muttermilch an das Kind weitergegeben; diese lassen eine wichtige immunologische Funktion vermuten, da sie wie Probiotika wirken und das Wachstum symbiotischer Bakterien im Darm fördern²⁹ (Tabelle 1). Sie agieren zudem als „Köder“ oder Rezeptorenanaloga, um die Bindung von Pathogenen, einschließlich Rotaviren, an die Darmsurface zu hemmen.^{30–32} Muttermilch enthält auch symbiotische Bakterien, die Teil der Darmflora werden und sich auf entzündliche und immunomodulatorische Prozesse auswirken. Symbiotische Bakterien verhindern nicht nur das übermäßig starke Wachstum pathogener Bakterien; sie säuern auch den Darm an, vergären Laktose, zersetzen Lipide und Proteine und produzieren Vitamin K und Biotin.^{33–35} Angesichts der vielseitigen bioaktiven Eigenschaften der Muttermilch ist es wichtig, dass die Aktivität und Integrität dieser Inhaltsstoffe beim Umgang mit der Muttermilch gewahrt werden.

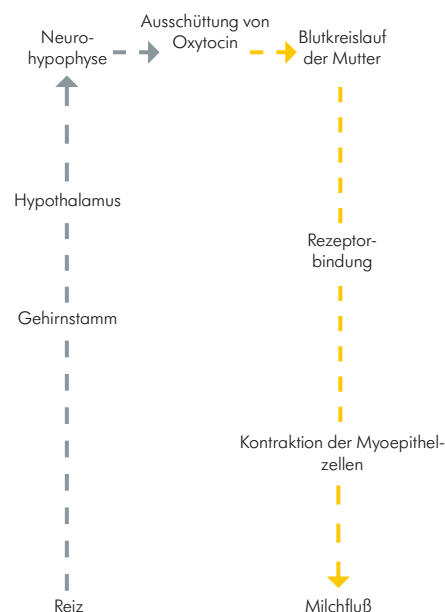


Abbildung 1 – Milchspendereflex

Als Reaktion auf einen Reiz wird von der Neurohypophyse Oxytocin in den Blutkreislauf der Mutter ausgeschüttet. Oxytocin bindet sich an die Rezeptoren der Myoepithelzellen um die Alveolen. Diese Zellen ziehen sich zusammen und drücken so die Milch aus den Alveolen in die Milchgänge in Richtung der Brustwarze.

Die Milch der Mutter eines Frühgeborenen unterscheidet sich von derjenigen der Mutter eines Termingeborenen. Im Vergleich zu Milch für termingeborene Kinder hat die Milch für Frühgeborene einen höheren Gehalt an Energie, Lipiden, Proteinen, Stickstoff, einigen Vitaminen und Mineralstoffen. Darüber hinaus ist Milch für Frühgeborene

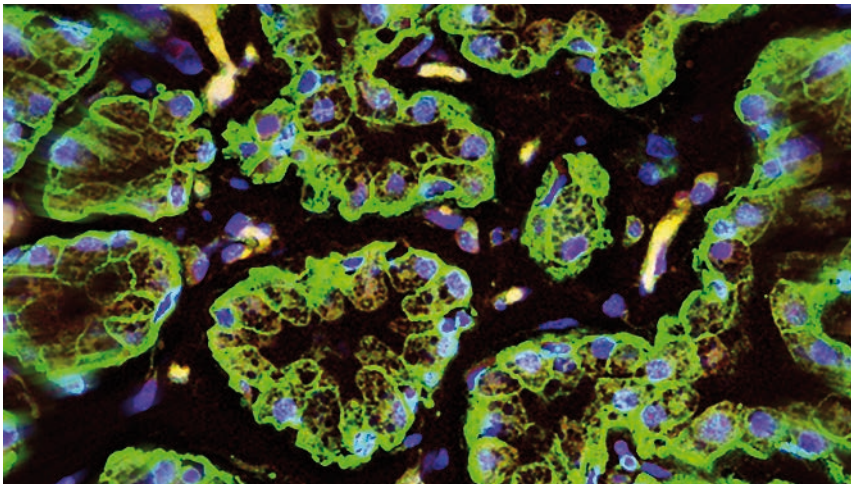


Abbildung 2 – Beispiel für laktierendes Brustdrüsengewebe – Stammzellen-Quelle in der Muttermilch.

reicher an Immunfaktoren wie Zellen, Immunglobulinen und entzündungshemmenden Bestandteilen.^{36,37} Die Zusammensetzung von Muttermilch für Frühgeborene ist von großer Bedeutung für die Entwicklung des Verdauungstraktes, für die neurologische Entwicklung und für die Ausbildung des Immunschutzes bei Frühgeborenen.⁶ Obwohl Muttermilch für alle Frühgeborenen empfohlen wird,⁵ kann ihre Nährstoffzusammensetzung den aufgrund ihres Wachstumsrückstands hohen Nährstoffbedarf nicht vollständig abdecken. Dies gilt insbesondere für Frühgeborene mit einem sehr niedrigen Geburtsgewicht (< 1500 g).^{37,38} Die Anreicherung von Muttermilch mit Proteinen, Nährstoffen, Vitaminen und Mineralstoffen empfiehlt sich deshalb bei allen Säuglingen mit einem Geburtsgewicht von < 1500 g, um das bestmögliche Wachstum und eine ideale Entwicklung sicherzustellen.³⁹

Funktion	Inhaltsstoff
Kompensiert den unausgereiften Entwicklungsstand des Darms	slgA, Laktoferrin, Lysozym, plättchenaktivierender Faktor Acetylcholinesterase, Zytokine, Enzyme
Unterstützt die Entwicklung des unreifen Darms	Nukleotide, Oligosaccharide, Wachstumsfaktoren
Beugt Infektionen und Entzündungen vor	slgA, Laktoferrin, Lysozym, plättchenaktivierender Faktor Acetylcholinesterase, Zytokine, Fettkügelchenmembran, Oligosaccharide
Fördert die Entwicklung vorteilhafter Mikrobiota	slgA, Laktoferrin, Lysozym, Oligosaccharide, α -Linolsäure

Tabelle 1 – Bioaktive Inhaltsstoffe der Milch mit sich überschneidenden Auswirkungen auf den Infektionsschutz und die Darmentwicklung bei Neugeborenen²⁵

Gesundheitliche Vorteile der Muttermilch

Die Ernährung mit Muttermilch senkt erwiesenermaßen die Inzidenz, den Schweregrad und/oder das Risiko von Krankheiten im Zusammenhang mit Frühgeburten in einer Dosis-Wirkungs-Beziehung, insbesondere während der ersten Lebensmonate. Die Forschungsarbeit von Patel et al.⁴⁰ hat aufgezeigt, dass die Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen Erkrankungen und der täglichen Dosis an Muttermilch (average daily dose of human milk; ADDHM) auf der neonatologischen Intensivstation so ausgeprägt ist, dass mit jedem Anstieg der verabreichten Muttermilch um 10 ml/kg/Tag ein 19%iger Rückgang der Wahrscheinlichkeit einer Sepsis einhergeht. Säuglinge, die die niedrigste tägliche Dosis an Muttermilch erhielten (< 25 ml/kg/Tag ADDHM), hatten nicht nur das größte Risiko einer Sepsis, sondern verursachten auch die höchsten Kosten auf der neonatologischen Intensivstation (Abbildung 3). Die Autoren der Studie zeigten, dass das Krankenhaus 20.384 US-Dollar pro Kind bzw. insgesamt 1,2 Millionen US-Dollar einsparen könnte, wenn es die ADDHM in den ersten 28 Lebenstagen auf 25-49 ml/kg/Tag erhöhen würde; bei einer Erhöhung der ADDHM auf ≥ 50 ml/kg/Tag würden die Einsparungen 31.514 US-Dollar pro Kind und 1,8 Millionen US-Dollar insgesamt betragen.

Diese Kosteneinsparungen konnten auch bei anderen Krankheiten im Zusammenhang mit Frühgeburten nachgewiesen werden. Da Muttermilch die Inzidenz und den Schweregrad von erworbener Sepsis, bronchopulmonaler Dysplasie, NEC und Frühgeborenen-Retinopathie bedeutend verringert, sinken auch die durch diese Erkrankungen verursachten Mehrkosten. Diese betrugen während des Aufenthalts auf der neonatologischen Intensivstation zwischen 10.055 US-Dollar bei einer erworbenen Sepsis und 31.565 US-Dollar bei einer bronchopulmonalen Dysplasie. Indem sowohl Inzidenz als auch Schweregrad dieser Erkrankungen gesenkt wurden, wirkte sich die Ernährung mit Muttermilch indirekt auf die Kosten eines Krankenhausaufenthalts auf der neonatologischen Intensivstation aus, während zugleich auch weitere Kosten dieser Art unabhängig von den genannten Erkrankungen verringert wurden. Obwohl die Versorgung mit Muttermilch auf der neonatologischen Intensivstation logistische Kosten verursacht,⁴¹ übersteigen die wirtschaftlichen Vorteile der Versorgung mit Muttermilch eindeutig den relativ geringen finanziellen Aufwand für Mutter und Einrichtung.⁴¹

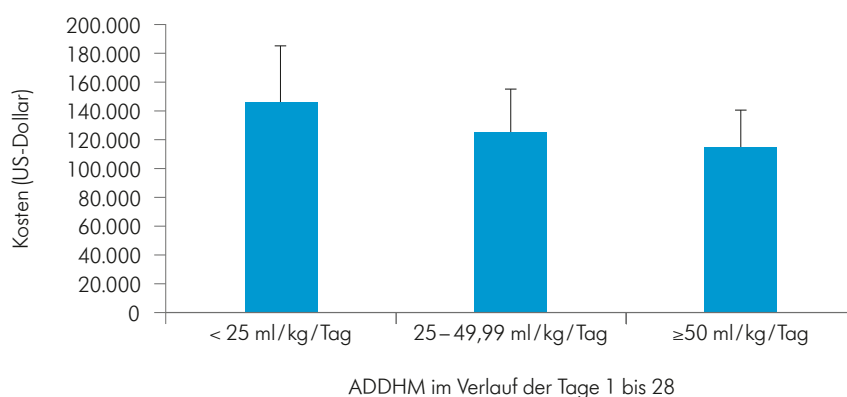


Abbildung 3 – Kosten auf der neonatologischen Intensivstation bei zunehmender Dosierung der Muttermilch. Überarbeitet nach Patel et al.⁴⁰

Der Weg der Muttermilch auf der neonatologischen Intensivstation

Obwohl Stillen am Anfang für das Frühgeborene schwierig sein kann, gibt es überzeugende Argumente für eine Ernährung mit Muttermilch bei allen Frühgeborenen und Säuglingen im Krankenhaus, während das Stillen erlernt wird. Im Gegensatz zum Stillen erfordert die Versorgung mit Muttermilch auf der neonatologischen Intensivstation mehrere Verarbeitungs- und Vorbereitungsschritte. Für die enterale oder orale Nahrungsaufnahme werden Mütter ermutigt, ihre Milch abzupumpen, zu sammeln und aufzubewahren, wobei allerdings die Gefahr besteht, dass essenzielle Inhaltsstoffe der Milch zerstört werden. Da mit dem Sammeln, der Aufbewahrung und der Verarbeitung von Muttermilch das Risiko des Nährstoff- und Mengenverlusts sowie der Verunreinigung der Milch einhergeht,⁴² muss versucht werden, den Verlust an Makro- und Mikronährstoffen so gering wie möglich zu halten, wobei das Frühgeborene so viel Muttermilch wie möglich erhalten soll.

Die Einführung klar strukturierter und einheitlicher Protokolle für den gesamten Weg der Muttermilch ist deshalb ein unabdingbarer Vorgang, der mit der Verwendung evidenzbasierter Verfahren beginnt. Die Maximierung der Menge der eigenen Muttermilch zur Ernährung erfordert u. a. modernste Vorgehensweisen zur Initiierung, zum Aufbau und zur Aufrechterhaltung einer ausreichenden Milchproduktion. Eine Verbesserung der Verfahren auf der neonatologischen Intensivstation zur Sicherung der Milchqualität umfasst u. a. hygienisches Abpumpen und Reinigen. Gleichermäßen ist es unabdingbar, dass die Fachliteratur hinter Best-Practice-Richtlinien zur sicheren Aufbewahrung und zum Umgang mit Milch verstanden wird; dies betrifft auch das Auftauen, Aufwärmen und die passende Supplementierung der Muttermilch (Tabelle 2).

Abpumpen von Muttermilch

Der Weg der Muttermilch auf der neonatologischen Intensivstation		Logistische Aspekte
Abpumpen:	Abpumpen zuhause oder auf der neonatologischen Intensivstation	<ul style="list-style-type: none"> • Milchpumpe • Brusthauben • Milchentleerung maximieren • Hygienisches Auffangen • Behälter zur Aufbewahrung
Transport:	Transport von zuhause oder Aufbewahrung im Krankenhaus	<ul style="list-style-type: none"> • Kühlung • Beschriftung • Zusammenführung
Aufbewahrung:	Raumtemperatur, im Kühlschrank oder eingefroren	<ul style="list-style-type: none"> • Optimale Aufbewahrungsdauer • Anreicherung • Pasteurisierung
Vorbereitung der Nahrung:	Auftauen und Erwärmen	<ul style="list-style-type: none"> • Optimale Temperatur • Wasser- oder nicht wasserbasierte Geräte

Tabelle 2 – Der Weg der Muttermilch auf der neonatologischen Intensivstation und die logistischen Aspekte

Für viele Mütter von Frühgeborenen beginnt der Weg der Muttermilch mit dem Abpumpen der Milch zur Initiierung und zum Aufbau der Laktation. Aufgrund ihrer neurologischen Unreife und Atemwegserkrankungen sowie weiterer medizinischer Komplikationen sind Frühgeborene, die in einem Gestationsalter von unter 34 Wochen auf die Welt kamen, eventuell nicht dazu in der Lage, sofort an der Brust der Mutter zu saugen.⁴³ Sie müssen mit abgepumpter Muttermilch versorgt werden. Mütter haben eventuell Schwierigkeiten damit, die Laktation zu initiieren, aufzubauen und aufrechtzuerhalten, da sich ihre Brüste noch in einem frühen Entwicklungsstadium befinden, das Kind noch nicht in der Lage ist, oral ernährt zu werden, sie die Erfahrungen der Frühgeburt verarbeiten müssen und sie keinen ausreichenden Zugang zu den richtigen Hilfsmitteln und einer zeitnahen Unterstützung haben.⁴⁴

Initiierung, Aufbau und Aufrechterhaltung der Laktation

Die Laktogenese beginnt mit der sekretorischen Differenzierung (auch Laktogenese I genannt) während der Schwangerschaft, wenn die Brustdrüse die Fähigkeit zur Milchsekretion entwickelt. Diese umfasst u. a. das starke Wachstum des Drüsengewebes der Brust und, während der zweiten Schwangerschaftshälfte, die Differenzierung der Alveolarepithelzellen zu milchbildenden Zellen, Laktozyten genannt (Abbildung 4).⁴⁵ Die ersten beiden Wochen nach der Geburt werden als entscheidend für die Initiierung und Einstellung der Laktation erachtet.^{46, 47} Bei Müttern von termingeborenen Kindern steigt die Milchmenge ca. 36 Stunden nach der Geburt stark an. Es gibt bei den einzelnen Frauen starke Mengenschwankungen. Im Schnitt beträgt die Milchmenge zu Beginn ca. 50 bis 100 ml/Tag (Tag 1), erhöht sich auf ca. 500 ml/Tag (Tag 5) und bis zum 1. Monat nach der Geburt auf ca. 750 bis 800 ml/Tag.^{48, 49} Bei Müttern, die auf das Abpumpen von Muttermilch angewiesen sind, besteht jedoch die Gefahr einer verzögerten Initiierung. Das Risiko, dass sie nicht ausreichend Milch produzieren (weniger als 500 ml/Tag) ist bei ihnen einen Monat nach der Geburt um das 2,81-Fache erhöht; weiterhin ist ihre Milchproduktion schwankender als bei Müttern termingeborener Kinder.⁵⁰ Außerdem besteht der Verdacht, dass sich die Milchproduktion von Müttern von Frühgeborenen, die auf das Abpumpen von Milch angewiesen sind, zwischen 340 bis 640 ml/Tag einpendelt, anstatt im Laufe der Zeit anzusteigen.^{50, 51}

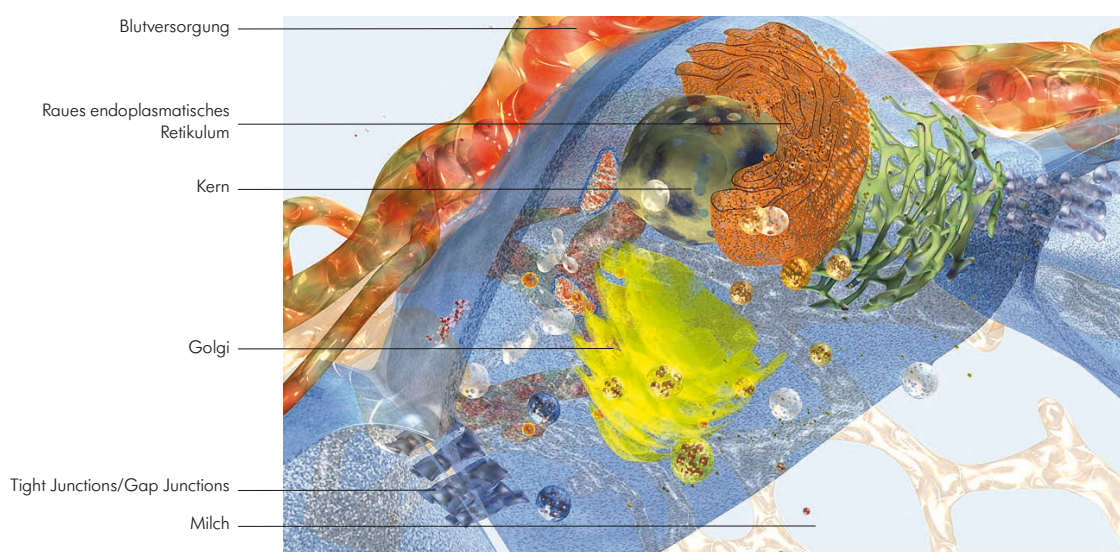


Abbildung 4 – Bestandteile der milchbildenden Laktozyten in den Alveolen

Eine regelmäßige und häufige Entleerung der Brust durch Stillen oder Abpumpen ist unabdingbar für einen stetigen Anstieg der Milchmenge im Laufe der ersten Woche nach der Geburt. Mütter von termingeborenen Kindern weisen eine erhöhte Milchproduktion auf, wenn sie nach dem Stillen abpumpen und die Brust weiter entleeren.⁵² Ein effektives Entleeren der Brust wird als essenziell erachtet, da es die Milchsynthese und -produktion von Müttern verbessert, die auf das Abpumpen von Muttermilch angewiesen sind. Dennoch ist eine effektive Entleerung der Brust während dieser Phase für viele Mütter von Frühgeborenen besonders schwierig und kann in einer unzureichenden Milchproduktion resultieren.³⁸

Maximierung der Milchbildung

Wenn Mütter durch frühes, häufiges und effizientes Abpumpen unterstützt werden, wird der Zeitpunkt der sekretorischen Aktivierung und der Milchproduktion nach einer Frühgeburt optimiert.^{53–55} Ältere Daten unterstützen durchgehend die Auffassung, dass ein frühes Abpumpen die Milchproduktion verbessert, wobei ein Abpumpen während der ersten sechs Stunden nach einer Frühgeburt als frühes Abpumpen eingestuft wurde.^{53–55} Allerdings hat sich gezeigt, dass ein Abpumpen während der ersten Stunde nach der Geburt bei Müttern von Frühgeborenen sogar zu noch größeren Verbesserungen bei der Milchproduktion führt.^{56,57} Eine Pilotstudie hat ergeben, dass Mütter, die während der ersten Stunde nach der Geburt mit dem Abpumpen beginnen (im Vergleich zu 2 bis 6 Stunden nach der Geburt), insgesamt in den ersten sieben Tagen mehr Milch produzieren (1374 ml/Tag im Vergleich zu 608 ml/Tag) und drei Wochen nach der Geburt eine größere Tagesproduktion (614 ml/Tag im Vergleich zu 267 ml/Tag) sowie eine frühere sekretorische Aktivierung (80 Stunden im Vergleich zu 136 Stunden) aufweisen.⁵⁶ Obwohl diese Ergebnisse im Zuge einer umfassenderen Studie reproduziert werden müssen, unterstreichen sie die Bedeutung des frühen Abpumpens bei Müttern, die auf das Abpumpen von Muttermilch angewiesen sind.

Mütter, die auf das Abpumpen von Muttermilch angewiesen sind und dies häufig (mehr als sechs Mal täglich) tun, produzieren nach fünf und sechs Wochen mehr Milch als Mütter, die weniger häufig abpumpen.^{53,58} Ein häufigeres tägliches Abpumpen wird bei Müttern von Frühgeborenen auch mit einer verlängerten Laktation von mehr als 40 Wochen in Verbindung gebracht.⁵⁵ Obwohl sich dieser Vorteil bei mindestens sechs Pumpsitzungen pro Tag ergab, legen allgemeine klinische Empfehlungen acht bis zehn Pumpsitzungen pro 24 Stunden nahe,⁵⁹ um eine Verringerung der Milchsynthese zu vermeiden.⁶⁰

Milchpumpen gelten als effektiver, wenn sie mit Vakuummustern arbeiten, die denen eines saugenden Kindes beim Stillen ähneln. Vor Auslösen des ersten Milchspendereflexes saugen Säuglinge beim Stillen schnell. Nachdem der Milchfluss eingetreten ist, verlangsamt sich das Saugen und das Kind erzeugt ein stärkeres Vakuum für die Entleerung der Brust.⁶¹ Elektrische Milchpumpen für den Krankenhausgebrauch, die dieses 2-Phasen-Pumpprogramm anwenden, um den Fluss und die Abgabe der Milch zu stimulieren, erwiesen sich als effektiver und angenehmer als elektrische Pumpen mit einer Phase. Das 2-Phasen-Abpumpprogramm, das in dieser Studie verwendet wurde, begann mit einer Stimulationsphase mit einer Frequenz von über 100 Zyklen pro Minute, um den Milchspendereflex und den Milchfluss auszulösen. Dann mussten die Frauen auf die Abpumpphase mit ca. 60 Zyklen pro Minute umstellen. Die Mütter, die dieses 2-Phasen Pumpprogramm mit dem maximalen für sie angenehmen Vakuum anwendeten, pumpeten effektiver und effizienter Milch ab als die Mütter, die niedrigere Vakuen einsetzten.^{62–64}

Vor Kurzem wurde ein Abpumpprogramm in eine elektrische Milchpumpe integriert, welches das Saugen des Neugeborenen während der ersten Tage der Laktation imitiert. Das bis zur sekretorischen Aktivierung erfasste Initiierungsprogramm bestand aus drei Phasen, die 15 Minuten lang variierten. Diese umfassten zwei Stimulationsphasen mit Frequenzen von 120 und 90 Zyklen pro Minute, eine Abpumpphase mit Frequenzen zwischen 34 und 54 Zyklen pro Minute und zwischenzeitliche Pausen. Mütter, die dieses Initiierungsprogramm vor der sekretorischen Aktivierung anwendeten und danach auf

das 2-Phasen-Pumpprogramm wechselten, produzierten zwischen dem 6. und dem 13. Tag nach der Geburt mehr Milch pro Tag als Mütter, die nur das standardmäßige 2-Phasen-Pumpprogramm einsetzten (Abbildung 5), und ihre Milchproduktion pro Minute lag im Vergleich ebenfalls höher.⁶⁵ Außerdem wiesen Mütter von termingeborenen Kindern auf der kardiologischen Intensivstation, die auf das Abpumpen von Muttermilch angewiesen sind, eine ausreichende Milchproduktion ab Tag 7 nach der Geburt auf, wenn sie dasselbe Initiierungsprogramm verwendeten.⁶⁶ Obwohl elektrische Milchpumpen bei Müttern, die auf das Abpumpen von Muttermilch angewiesen sind, empfohlen werden, ist es wichtig, dass die für das Abpumpen verwendeten Brusthauben für jede Brust die richtige Größe haben.⁶⁷ Schlecht passende Brusthauben können zu einer unvollständigen Entleerung der Brust, Brustwarzentraumata und Schmerzen führen.^{68, 69} Auch wenn die geeignete Brusthaubengröße von Müttern auf neonatologischen Intensivstationen oftmals klinisch ermittelt wird, kann sich diese bei langfristigem Abpumpen mehrfach ändern, daher sollten im späteren Verlauf eventuell andere Brusthaubengrößen verwendet werden.⁶⁸ Gleichermaßen können sich die Ausdehnung der Brustwarze, der Umfang des Brustgewebes im Tunnel und das Eindringen der Brusthaube ins Brustgewebe je nach Ausmaß aufgrund der Kompression der Milchgänge auf den Milchfluss auswirken;⁷⁰ allerdings gibt es keine Studien, die zu einer evidenzbasierten Richtlinie für die richtigen Größen von Brusthauben geführt haben.

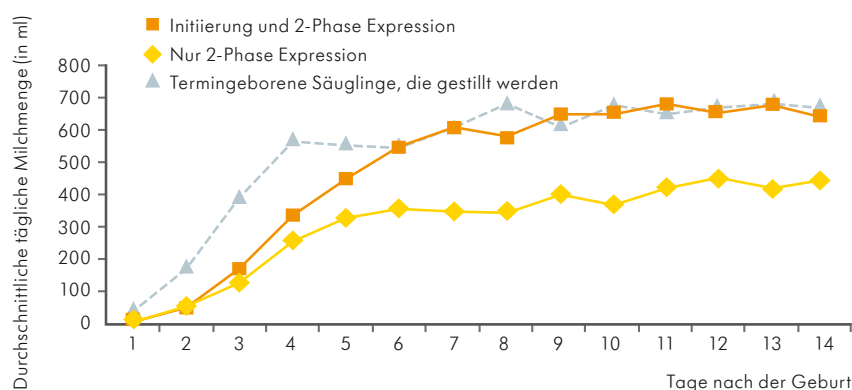


Abbildung 5 – Randomisierte kontrollierte klinische Studie, die aufzeigt, dass die durchschnittliche Milchproduktion zwischen Tag 6 und Tag 13 bei Verwendung des Initiierungsprogramms gefolgt vom 2-Phasen-Programm im Vergleich zur ausschließlichen Verwendung des 2-Phasen-Programms signifikant höher war ($p < 0,05$).⁶⁵ Die höhere Produktion ist mit den Referenzdaten von termingeborenen Säuglingen vergleichbar.⁶⁹

Es ist auch wichtig, dass die Haube zur Anatomie der Brust passt, um Reibung und Schäden der Mamille und Areola durch den Kontakt mit den Tunnelwänden zu minimieren.^{69, 71, 72} Die klinischen Anzeichen für eine richtig passende Brusthaube umfassen u. a. ein freies Bewegen der Brustwarze im Tunnel, kein oder nur wenig Gewebe des Brustwarzenhofs im Tunnel, keine komprimierten (weißen), schmerzenden oder rissigen Brustwarzen und kein unangenehmes Gefühl der Mutter beim Abpumpen.⁶⁸ Die Verwendung warmer Brusthauben (39 °C) während des elektrischen Abpumpens ist möglicherweise ebenfalls hilfreich, da dadurch 80 % der Milch schneller gewonnen werden kann, als mit Brusthauben mit Raumtemperatur. Allerdings sind bei der abgepumpten Milchmenge nach 15 Minuten keine Unterschiede mehr feststellbar.⁷³

Beidseitiges Abpumpen mit elektrischen Milchpumpen hat sich bei der Milchentnahme durchgehend als effizienter erwiesen als sequenzielles einseitiges Abpumpen. Beidseitiges Abpumpen führt zu einer größeren Milchproduktion (Abbildung 6) bei Müttern von frühgeborenen^{69, 74} und termingeborenen⁷⁵ Säuglingen. Beim beidseitigen Abpumpen haben sich bei den Müttern im Vergleich zum einseitigen Abpumpen auch ein zusätzlicher Milchspendereflex sowie ein höherer Kaloriengehalt der abgepumpten Milch ge-

zeigt⁷⁵. Zu den weiteren Faktoren, die sich positiv auf die Milchproduktion von Müttern auswirken können, die auf das Abpumpen von Muttermilch angewiesen sind, zählen beispielsweise das Abpumpen am Bett oder in einem ruhigeren Umfeld zur Senkung des mütterlichen Stresspegels;⁷⁶ Hautkontakt oder die Känguru-Methode, die mit erhöhter Produktion und einer verlängerten Laktation in Verbindung gebracht wird;^{14, 15, 77, 78} nicht-nutritives Saugen an der Brust, das vermutlich die Oxytocin- und Prolaktinausschüttung stimuliert und die Milchproduktion verbessert⁷⁶ und einer Brustmassage während des Abpumpens, die mit einem Anstieg des Milchvolumens^{69, 79} und des Kaloriengehalts der Milch in Verbindung gebracht wird⁸⁰.

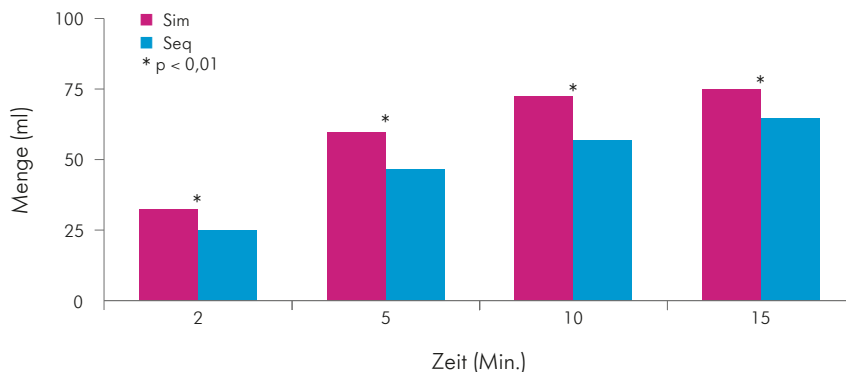


Abbildung 6 – Beidseitiges Abpumpen (Sim) führt zu einer signifikant höheren Milchproduktion nach 2, 5, 10 und 15 Minuten im Vergleich zum sequenziellen einseitigen Abpumpen (Seq). Überarbeitet nach Prime et al.⁷⁵.

Es wird empfohlen, dass Frauen die Handentleerung in der Frühphase nach der Geburt gezeigt bekommen.^{69, 79} Diese frühe persönliche Unterstützung umfasst normalerweise auch eine Aufklärung der Mütter darüber, wie ihre Brüste funktionieren und was sie erwartet. Die Handentleerung als einzige Methode zur Entleerung der Brust hat in Studien mit Müttern von Frühgeborenen zu unterschiedlichen Ergebnissen geführt. Während es mit einem Anstieg der Kolostrumproduktion während der ersten beiden Tage nach der Geburt in Verbindung gebracht wird,⁸¹ soll es in den ersten acht Tagen nach der Geburt im Vergleich zum Abpumpen mit einer elektrischen Milchpumpe zu einer geringeren Milchproduktion führen.⁸² Mütter sollten über die verschiedenen Abpumpoptionen informiert werden.

Hygienisches Auffangen von Muttermilch

Händewaschen ist der erste Schritt, um pathogene Keime und Bakterien zu reduzieren.⁸³ Milchpumpen, Pumpsets und Flaschen stellen während des Abpumpens potenzielle Verunreinigungsquellen dar.^{84, 85} Pumpsets, die mit einer elektrischen Pumpe verwendet werden, bestehen normalerweise aus Brusthauben und Schläuchen. Schläuche, die den Aerosolen von Milch oder Wasser ausgesetzt werden, sind ein Problem, wenn sie durch Bakterien oder Schimmel verunreinigt werden.⁴² Im Sinne der Reinheit können Mütter die Pumpsets zwischen den Stillsitzungen desinfizieren oder Einweg-Pumpensets verwenden, die zwischen den Stillsitzungen desinfiziert und nach einem Tag entsorgt werden können. Die Pumpsets nach einem Tag zu entsorgen ist möglicherweise einer Autoklavierung vorzuziehen, da diese Sterilisationsmethode allgemein teuer ist und Teile des Sets dabei verloren gehen können.^{86, 87}

Zusammenführung und Rückverfolgbarkeit von abgepumpter Milch

Üblicherweise bewahren Krankenhäuser die Muttermilch nach jeder Pumpsitzung in einzelnen Behältern auf.⁴² Allerdings ist umstritten, ob Mütter ihre Milch einzeln nach jeder Pumpsitzung aufbewahren oder sie im Verlaufe von 24 Stunden zusammenführen sollten. Die Zusammenführung von Milch wird häufiger empfohlen, da sie potenziell sicherstellt, dass der Nährstoffgehalt der Milch zwischen den Mahlzeiten weniger schwankt. Eine Studie hat klar gezeigt, dass eine Zusammenführung der Milch im Verlaufe von 24 Stunden zu keinerlei Unterschieden bei der bakteriellen Besiedelung sowie zu geringeren Schwankungen beim Kalorien-, Protein-, Fett- und Kohlenhydratgehalt führt, der Kaloriengehalt bei individuell aufbewahrter Milch hingegen um bis 29 % schwankt. Da der Nährstoffgehalt bei individuellen Pumpsitzungen im Vergleich zu dem aus 24-stündigen Zusammenführungen signifikant schwankte, liegt die Vermutung nahe, dass eine ungenaue Versorgung mit Nährstoffen und Kalorien stattfinden kann. Interessanterweise führte eine Zusammenführung der Milch auch zu einer größeren Zufriedenheit bei Müttern als eine individuelle Aufbewahrung. Die Zusammenführung der Milch bietet deshalb die Möglichkeit, die Anreicherung der Milch anzupassen und die Nährstoffversorgung des Säuglings zu verbessern.⁸⁸

Die Zusammenführung der Milch hat auch Vorzüge hinsichtlich der Beschriftung, da nur eine Flasche beschriftet werden muss im Vergleich zu mehreren Flaschen oder Behältern nach jedem Abpumpen. Da die neonatologische Intensivstation die Muttermilch rückverfolgen und aufbewahren muss, ist der Umgang mit Muttermilch bei mangelhafter Beschriftung der Behälter fehleranfällig.⁸⁹ Richtiges Beschriften mit dem Namen des Patienten, der Milchart sowie dem Abpumpdatum und -volumen kann zur Minimierung der Verwechslungsgefahr bei der Milch führen. Methoden wie die Aufbewahrung in eigenen Boxen für jede Mutter in einem Kühl- oder Gefrierschrank sowie die Verwendung von Barcodes (bei Frauenmilch eher üblich) bieten eventuell zusätzliche Vorteile.^{42, 90, 91}

Aufbewahrung der Milch auf der neonatologischen Intensivstation

Das sichere Aufbewahren der Milch auf der neonatologischen Intensivstation ist unbedingt erforderlich, um sicherzustellen, dass der Säugling optimal ernährt wird. Frische Muttermilch enthält lebende Zellen^{28, 92} und die meisten Nährstoffe, Wachstumsfaktoren sowie viele weitere schützende Inhaltsstoffe²⁵. Im Laufe der Zeit und durch Temperaturschwankungen sinkt die Wirksamkeit dieser Inhaltsstoffe, wobei sich das Risiko einer bakteriellen Verunreinigung und des Wachstums von pathogenen Keimen erhöht. Frische Muttermilch ist nicht steril; vielmehr enthält sie eine Vielzahl von Organismen, einschließlich nicht-pathogener Bakterien, Viren, Mykobakterien und Pilze.⁹³⁻⁹⁷ Während die Anzahl an Bakterien in der Muttermilch stark schwankt, sind die Mehrheit der identifizierten Organismen Teil der nicht-pathogenen normalen Hautflora der Brust der Mutter oder Organismen, die das gastrointestinale System des Neugeborenen schützen, nachdem sie über den enteromammären Weg zur Brust gewandert sind.⁹⁸

Die Auswirkungen der Aufbewahrung auf den mikrobiologischen Inhalt, die Fettzusammensetzung, die Zellbestandteile, die antibakteriellen Eigenschaften und die antioxidative Wirkung wurden ausgiebig untersucht; dennoch sind viele Faktoren noch immer unbekannt. Neben den Veränderungen im Laufe der Zeit entstehen verschiedene Probleme aus der Aufbewahrung bei unterschiedlichen Temperaturen, einschließlich Raum-, Kühlschrank- und Tiefkühltemperatur.

Raumtemperatur

Die Verschlechterung der Milchqualität bei Raumtemperatur, die durch verschiedene Studien im Bereich zwischen 25 bis 38 °C definiert worden ist, wurde über unterschiedliche Zeiträume hinweg untersucht. In einer bedeutenden Studie wurde die Verschlechterung der Milchqualität über einen Zeitraum von 24 Stunden bei 15 °C, 25 °C und 38 °C beurteilt. Die Autoren konnten belegen, dass trotz minimaler Veränderungen der Proteolyse und der Verdauungsenzyme bei 15 °C und 25 °C nach 24 Stunden die Lipolyse schnell, d. h. innerhalb weniger Stunden der Aufbewahrung auftrat, was zu einem Anstieg der Konzentration an freien Fettsäuren um 440 bis 710 % führte. Gleichermassen war in den ersten 4 bis 8 Stunden das bakterielle Wachstum, das sich hauptsächlich auf nicht-pathogene Bakterien beschränkte, bei 15 °C minimal und auch bei 25 °C noch niedrig; jedoch stieg es bei 38 °C nach 4 Stunden rapide an. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass Milch bei 15 °C über 24 Stunden und bei 25 °C über 4 Stunden sicher aufbewahrt werden kann.⁹⁹ Strengere Methoden, die auf die Proteinaktivität in der Milch abzielen, haben noch weitere Rückgänge des β -Casein bei 25 °C im Verlauf von 24 Stunden^{100, 101} und Rückgänge der Lipase nach 2 Stunden der Aufbewahrung bei 25 °C gezeigt.¹⁰⁰ Die optimale Aufbewahrungsdauer bei Raumtemperatur (25 °C) ist deshalb < 4 Stunden, insbesondere auf der neonatologischen Intensivstation.⁴² Jedoch gelten bei gesunden, termingeborenen Säuglingen in extrem sauberen Umgebungen bis zu 6 bis 8 Stunden als akzeptabel (Tabelle 3).⁴²

Kühlung

Bei Kühlschranktemperatur, normalerweise als 0 bis 4 °C definiert, bleibt die Integrität von Muttermilch länger gewährleistet als bei Raumtemperatur.¹⁰² Die umfassendste Studie, welche die Aufbewahrung bei 4 °C untersucht, kommt zum Schluss, dass frisch abgepumpte Muttermilch im Kühlschrank maximal 96 Stunden (4 Tage) lang aufbewahrt werden sollte.¹⁰³ Nach 96 Stunden bei 4 °C zeigte im Kühlschrank aufbewahrte frische Muttermilch keine signifikanten Veränderungen bei der Osmolalität, der Gesamtzahl der Bakterienkolonien bzw. Anzahl der gramnegativen Bakterienkolonien, den Makronährstoffen und Immunfaktoren, einschließlich Fett, sIgA und Laktoferrin. Außerdem hat sich gezeigt, dass die Aufbewahrung im Kühlschrank das Wachstum grampositiver Bakterien hemmt,¹⁰⁴ was darauf hindeutet, dass die lebenden Abwehrbestandteile der Milch Verunreinigungen verhindern.¹⁰⁵ Eine Erhöhung der Konzentration an freien Fettsäuren und der nachfolgende Anstieg des Säuregehalts aufgrund der Lipolyse wurden in Studien zur Aufbewahrung im Kühlschrank ebenfalls durchgehend nachgewiesen.^{103, 106} Die Produkte der Lipolyse gelten allerdings nicht als problematisch, da sie mit einer antimikrobiellen Wirkung gegen Bakterien, Viren und Protozoen in Verbindung gebracht werden.^{103, 106–109} Ein Rückgang der Leukozytenzahlen, einschließlich Makrophagen und Lymphozyten, sowie der Proteine insgesamt wurde nach 48 Stunden festgestellt.¹⁰³ Auf Grundlage dieser Studien wurde die optimale Aufbewahrungsdauer bei 4 °C auf < 4 Tage festgelegt, insbesondere bei Kindern auf der neonatologischen Intensivstation⁴², wobei die akzeptable Aufbewahrungsdauer unter sehr reinen Bedingungen bei termingeborenen Kindern 5–8 Tage beträgt (Tabelle 3)¹¹⁰.

Einfrieren

Ein bis zu 3 Monate langes Einfrieren bei –20 °C wird auf der neonatologischen Intensivstation als optimal erachtet.⁴² Nach 3 Monaten sind die Vitamine A, E und B, Gesamtproteine, Fette, Enzyme, Laktose, Zink, Immunglobuline, Lysozym und Laktoferrin nach wie vor erhalten; allerdings kann es nach einem Monat zu einem Verlust von Vitamin C kommen.^{111–114} Innerhalb von bis zu 6 Wochen ist das bakterielle Wachstum kein großes Problem.^{115, 116} Die bakterizide Kapazität ist jedoch im Allgemeinen geringer als bei frischer Muttermilch.^{117, 118} Bis zu 12 Monate bei < –20 °C gelten auf der neonatologischen Intensivstation als akzeptabel.⁴² Tiefkühlen bei –80 °C ist unter Umständen besser dazu geeignet, um die bakterizide Kapazität von Muttermilch zu erhalten, insbesondere auf der neonatologischen Intensivstation.¹¹⁶ Während des Einfrierens treten eventuell ein Verlust an lebenden Zellen, z. B. die Zerstörung von Phagozyten, und Geschmacks- und Geruchsveränderungen auf, da durch die Lipase weiter Fett in Fettsäuren umgewandelt wird.¹¹⁰ Ein erneutes Einfrieren der Milch nach dem Auftauen im Kühlschrank hat sich hinsichtlich der Bakterienlast als sicher erwiesen¹¹⁹; jedoch gilt Milch, die bei Raumtemperatur komplett aufgetaut wurde, als unsicher und sollte nicht wieder eingefroren werden.⁴² Es gibt nur begrenzt verfügbare Daten zu angemessenen Aufbewahrungszeiten nach dem Auftauen auf Raumtemperatur sowie zu den Auswirkungen des Umfüllens von Muttermilch zwischen Behältern und von Temperaturschwankungen auf die Milchqualität.⁴² Selbst über mehrere Monate eingefrorene Muttermilch ist jedoch immer noch besser als Muttermilchersatz. Milch aus dem Kühlschrank gilt als frisch; deshalb sollte sie vor eingefrorener Milch verwendet werden.⁴²

Tabelle 3 – Richtlinien zur Aufbewahrung von Muttermilch für Säuglinge auf der neonatologischen Intensivstation. Überarbeitet nach HMBANA⁴².

Muttermilch	Optimale Aufbewahrungsdauer
Frisch abgepumpte Muttermilch Raumtemperatur: Kühlschrank: Gefrierschrank:	≤ 4 Stunden ^{117, 120} ≤ 4 Tage ¹⁰³ ≤ 3 Monate. Akzeptabel ≤ 12 Monate ^{111–114}
Vorher eingefroren Raumtemperatur: Kühlschrank: Gefrierschrank:	Auftauern auf Raumtemperatur, innerhalb von ≤ 4 Stunden verwenden ^{117, 121} Auftauern auf Kühlschranktemperatur, innerhalb von ≤ 24 Stunden verwenden Nicht wieder einfrieren
Frisch abgepumpt, angereichert Raumtemperatur: Kühlschrank: Gefrierschrank:	Nicht bei Raumtemperatur stehen lassen ≤ 24 Stunden ^{105, 122–125} Nicht einfrieren
Vorher eingefroren, angereichert oder pasteurisiert Raumtemperatur: Kühlschrank: Gefrierschrank:	Nicht bei Raumtemperatur stehen lassen ≤ 24 Stunden Nicht wieder einfrieren
Annähernd auf Körpertemperatur erwärmt Raumtemperatur: Kühlschrank: Gefrierschrank:	Zur Vervollständigung der aktuellen Mahlzeit Entsorgen Entsorgen

Handhabung

Die Zubereitung der Milch für Mahlzeiten erfordert eine Reihe von Verfahren, einschließlich Auftauen, Erwärmen und Anreichern. Jedes Verfahren kann sich auf die Zusammensetzung der Milch auswirken und das Risiko von Verunreinigungen erhöhen.

Auftauen und Erwärmen der Muttermilch

Ein Auftauen der Milch nach dem Einfrieren ist erforderlich. Generell erfolgt das Auftauen im Kühlschrank oder die Milch wird vorsichtig erwärmt. Obwohl es nur wenige Studien gibt, die auf die optimale Methode zum Auftauen von Milch eingehen, ist bekannt, dass die Pasteurisierung (30-minütige Erhitzung von Milch auf 62 °C) von Frauenmilch zu signifikanten Verlusten bei den immunologischen und entzündungshemmenden Inhaltsstoffen der Milch, einschließlich sIgA, Laktoferrin und Lysozym sowie probiotischer Bakterien und Leukozyten, führt. Diese Verluste werden durch Pasteurisierung bei niedrigeren Temperaturen reduziert (Abbildung 7) ¹²⁶.

Muttermilch wird auf der neonatologischen Intensivstation oftmals aufgetaut, indem man sie in den Kühlschrank oder in warmes Wasser stellt oder Raumtemperatur aussetzt. Ein Erhitzen in der Mikrowelle sowie heißes oder kochendes Wasser werden nicht empfohlen, da diese Methoden die antiinfektiösen Eigenschaften der Milch zerstören. ¹²⁷ Bei wasserbasierten Methoden, die zum Auftauen und Erwärmen gängig sind, werden Milchflaschen oder -behälter normalerweise in Wasserbäder oder mit Wasser gefüllte Behälter gestellt. ⁴² Allerdings besteht das Risiko der Verunreinigung mit Wasser, da dieses unter oder in den Flaschendeckel und in die Milch geraten kann. ^{42, 129} Die Richtlinien von Muttermilchbanken ⁴² empfehlen ein schnelles Auftauen der Milch in einem mit Wasser gefüllten Behälter, wobei 37 °C nicht überschritten werden dürfen und das Wasser nicht mit dem Flaschendeckel in Kontakt geraten darf. Milch muss so aufgetaut werden, dass noch Eiskristalle vorhanden sind, bevor sie in den Kühlschrank gestellt wird. Aufgetaute Milch sollte nicht länger als für ein paar Stunden bei Raumtemperatur aufbewahrt werden, um bakteriellem Wachstum vorzubeugen. ¹¹⁸

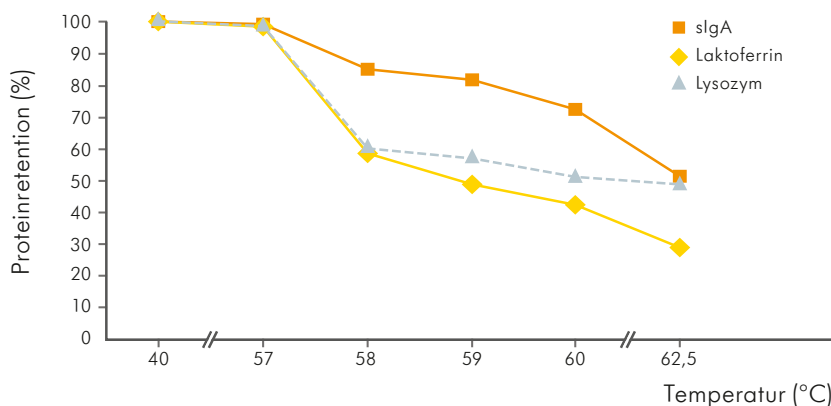


Abbildung 7 – Berechnete Proteinretention: Laktoferrin, sIgA und Lysozym nach 30-minütiger Pasteurisierung bei verschiedenen Temperaturen zwischen 40 und 62,5 °C mit einem experimentellen Pasteurisierer. Überarbeitet nach Czank et al. ¹²⁶.

Die Milchttemperatur spielt eventuell auch eine Rolle bei der Toleranz des Säuglings gegenüber der Ernährung über eine Sonde. Es wurde vermutet, dass die Milchttemperatur die Körpertemperatur des Kindes beeinflussen kann. Da die Körpertemperatur von Säuglingen erwiesenermaßen fällt, wenn ihnen intravenöse Infusionen mit Raumtemperatur verabreicht werden, wird empfohlen, intravenös zu verabreichende Flüssigkeiten wie Blut und Kochsalzlösung vor der Infusion annähernd auf Körpertemperatur zu erwärmen.^{130, 131} Auf vielen neonatologischen Intensivstationen wird die Erwärmung der Milch als wichtiger Schritt bei der Versorgung gesehen. Jedoch hat eine Reihe von Studien zur Beurteilung der Auswirkungen des Erwärms von Milch auf die Stabilität von Frühgeborenen und gastrische Rückstände zu unterschiedlichen Ergebnissen geführt. Die Rektal- und Magentemperatur sind erwiesenermaßen niedriger nach der Verabreichung von Nahrung mit Raumtemperatur über eine Sonde im Vergleich zur Verabreichung von Nahrung mit Körpertemperatur über eine Sonde; bei den Stoffwechselraten zeigten sich jedoch keine Unterschiede.^{130–132} Während eine Studie ergab, dass die Achseltemperatur von Frühgeborenen bei der Versorgung mit aufgewärmter Nahrung um bis zu 0,44 °C anstieg, konnten die Autoren keine Veränderungen bei der Herz- und Atemfrequenz oder bei der Sauerstoffsättigung durch die wärmeren Temperaturen feststellen.¹³³ Allerdings zeigten sich bei Frühgeborenen, denen Milch bei kühler Temperatur, Raumtemperatur und Körpertemperatur über eine Sonde verabreicht wurde, weniger gastrische Rückstände und eine verbesserte Toleranz bei der Nahrungsaufnahme, wenn sie die Milch bei Körpertemperatur (37 °C) anstatt bei kühler Temperatur (10 °C) verabreicht bekamen; jedoch wurde die Art der Mahlzeit nicht kontrolliert.¹³⁴ Andere Studien bei Frühgeborenen ergaben keine Unterschiede bei der Körpertemperatur, der Magenentleerung und der Herzfrequenz zwischen über eine Sonde verabreichten Mahlzeiten bei kühler Temperatur, Raumtemperatur und Körpertemperatur.^{135, 136} Während termingeborene Kinder Milch bei kühler Temperatur, Raumtemperatur oder warmen Temperaturen trinken können¹¹⁰, ist dies bei Frühgeborenen nicht so eindeutig.

Die momentanen Empfehlungen zum Erwärmen von Milch heben hervor, dass Milch in einem Behälter mit warmen Wasser oder unter fließendem Wasser erwärmt werden sollte, wobei der Flaschendeckel trocken bleiben muss, um Verunreinigungen durch Wasser zu vermeiden.⁴² Die Regulierung und Erreichung der optimalen Temperatur mit wasserbasierten Methoden ist nicht einfach. Um die optimale Temperatur zu erreichen, müssen mehrere Faktoren, wie die Milchmenge und -temperatur am Anfang des Aufwärmens, die Größe des Milchbehälters und die Wassertemperatur, berücksichtigt werden. Die Temperaturen im Wasserbad einer Einrichtung lagen am Anfang des Aufwärmens zwischen 23,5 und 45,5 °C und zwischen 23,8 und 38,4 °C am Ende des Aufwärmens. Die Milchttemperaturen schwankten bei der Verabreichung entsprechend stark zwischen 21,8 und 36,2 °C. Dies zeigt, dass die Bestimmung der gewünschten Verabreichungstemperatur der Milch häufig nicht erreicht wird.¹³³ In einer weiteren Studie ergaben sich ähnliche Schwankungen bei den Temperaturen im Wasserbad; bei 419 Mahlzeiten schwankten die Temperaturen zwischen 22 °C und 46 °C, wobei die durchschnittliche Temperatur bei ca. 31 °C lag. Diese Ergebnisse machten die fehlende Standardisierung der Aufwärmverfahren deutlich.¹³⁷

Supplementierung der Muttermilch

Muttermilch wird für die enterale Ernährung und sämtliche Formen der oralen Nahrungsaufnahme auf der neonatologischen Intensivstation empfohlen. Sie muss jedoch – ob frisch oder eingefroren – häufig mit Proteinen, Nährstoffen, Vitaminen und Mineralien angereichert werden, um den hohen Nährstoffbedarf zu decken, den Frühgeborene aufgrund ihrer Wachstumsanforderungen haben. Der Vorrat an Mikro- und Makronährstoffen, der sich normalerweise im letzten Drittel der Schwangerschaft in utero einlagert,³⁹ ist bei einem Frühgeborenen deutlich verringert und muss schnell ersetzt werden. Anreicherung empfiehlt sich deshalb bei allen Kindern mit einem Geburtsgewicht von <1500 g, möglicherweise aber auch bei anderen Kindern.¹³⁸

Wenn keine oder nicht genügend eigene Muttermilch verfügbar ist, wird häufig Frauenmilch (von Spenderinnen) verwendet.^{37,38} Frauenmilch enthält üblicherweise weniger Proteine als die eigene Muttermilch und muss deshalb stärker angereichert werden.³⁷
³⁸ Wenn Frühgeborene Milchmengen in der Größenordnung von ca. 100 ml/kg/Tag zu sich nehmen, reichern viele Krankenhäuser die Muttermilch an, um den Protein-, Kalorien-, Calcium-, Phosphor- und sonstigen Nährstoffgehalt zu erhöhen; allerdings wird dies nicht überall so gehandhabt.¹³⁹ In den USA ist ein Muttermilchzusatz auf Muttermilchbasis erhältlich für Krankenhäuser, die nicht auf Zusätze auf Basis von Kuhmilch zurückgreifen wollen. Bisherige Forschungsergebnisse legen nahe, dass eine Ernährung zu 100 % auf Basis von Muttermilch das Risiko einer medizinisch bzw. chirurgisch zu behandelnden NEC senkt.^{140, 141} Ist keine Muttermilch verfügbar, werden Frühgeborene mit speziell auf ihre Bedürfnisse abgestimmter Ersatznahrung ernährt, deren Bioverfügbarkeit von Nährstoffen geringer ist als bei der Muttermilch.¹⁴² Eine ausschließliche Versorgung mit Mutter-/Frauenmilch und Zusätzen auf Basis von Muttermilch senkt erwiesenermaßen das Risiko einer nekrotisierenden Enterokolitis (NEC) im Vergleich zur Ersatznahrung für Frühgeborene.¹⁴⁰

Trotz der Vorzüge der Anreicherung der Muttermilch wird diese mit Veränderungen des funktionalen Wertes von Muttermilch in Verbindung gebracht. Eine Anreicherung mit Zusätzen auf Kuhmilchbasis ändert und beeinträchtigt erwiesenermaßen die antibakterielle Wirkung von Muttermilch.^{105, 125} Da Zusätze die Zusammensetzung von Milch verändern können, ist hinsichtlich Verunreinigungen und Risiken bei der Aufbewahrung besondere Vorsicht geboten. Da Verunreinigungen und die Osmolalität in angereicherter Milch stärker ansteigen,^{143, 144} müssen Richtlinien und die Herstelleranweisungen beachtet werden. Um die Osmolalität möglichst gering zu halten,¹⁴⁵ wird die Anreicherung mit Zusätzen mittels aseptischer Verfahren bei Raum- oder niedrigerer Temperatur empfohlen.^{122, 123} Verkürzte Aufbewahrungszeiten werden bei angereicherter Milch ebenfalls empfohlen. Diese Veränderungen hängen davon ab, ob die Milch frisch oder eingefroren ist, zuvor aufgetaut wurde oder wie lange sie bei Raumtemperatur aufbewahrt wurde (Tabelle 3).¹⁴⁶



Abbildung 8 – Beispiel für frühe enterale Ernährung auf der neonatologischen Intensivstation

Füttern

Der letzte Schritt ist das Füttern des Säuglings mit der Muttermilch. Da Frühgeborene am Anfang große Schwierigkeiten bei der oralen Nahrungsaufnahme haben und häufig erst zu einem späteren Zeitpunkt ihres Aufenthalts auf der neonatologischen Intensivstation gestillt werden können,⁴³ muss möglicherweise zu Beginn auf parenterale und enterale Ernährung zurückgegriffen werden (Abbildung 8). Frühgeborene beginnen normalerweise in einem Gestationsalter von 32 bis 34 Wochen mit der oralen Nahrungsaufnahme oder sobald ihr kardiopulmonaler Zustand als stabil gilt.⁴³ Hier gibt es signifikante Abweichungen, abhängig vom Gestationsalter bei der Geburt,^{43, 147} vom Geburtsgewicht, von bestehenden Erkrankungen und von der Gesundheitseinrichtung. Da die selbstständige orale Nahrungsaufnahme ein Schlüsselkriterium für die Entlassung Frühgeborener aus dem Krankenhaus ist,¹⁴⁸ ist die frühestmögliche Entwicklung der Fähigkeit zur oralen Nahrungsaufnahme entscheidend. Weiterhin ist es erforderlich, sicherzustellen, dass die Methoden zur Nahrungsaufnahme sicher sind und dass der Säugling nur einem minimalen Risiko ausgesetzt wird. Von einem logistischen Standpunkt aus betrachtet muss sichergestellt werden, dass die richtige Milch dem richtigen Kind zur Verfügung steht und dass die Integrität der Milch optimal ist, d. h. sie muss idealerweise dem Zustand beim Stillen entsprechen.

Zusammenfassung

Bei allen Prozessen, die Muttermilch involvieren, müssen evidenzbasierte Verfahren eingesetzt werden, damit die Muttermilch die Eigenschaften möglichst behält, die sie hat, wenn sie frisch aus der Brust kommt. Diese maximieren die Verwendung von Muttermilch und stellen gleichzeitig sicher, dass die verfügbare Menge und die Qualität von Muttermilch auf der neonatologischen Intensivstation aufrechterhalten wird. Die Verwendung effektiver Abpumpprotokolle muss erwogen werden, die u. a. häufiges, beidseitiges Abpumpen zur Initiierung, zum Aufbau und zur Aufrechterhaltung der Milchproduktion umfassen. Weiterhin ist es erforderlich, dass das Zubehör vor und nach dem Abpumpen fachgerecht gereinigt wird. Sobald sich die Muttermilch im Krankenhaus befindet, können für die Beschriftung, Rückverfolgbarkeit und Aufbewahrung Verfahren auf Grundlage neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse festgelegt werden. Hierzu zählt die Kühlung von frisch abgepumpter Muttermilch innerhalb von 4 Stunden und die möglichst kurze Aufbewahrung der Milch in einem Kühl- oder Gefrierschrank, um einen maximalen Gehalt an Nährstoffen, Wachstumsfaktoren und vielen anderen schützenden Inhaltsstoffen in der Milch sicherzustellen und dabei die Gefahr einer Verunreinigung der Milch zu minimieren.

Die Auftau- und Aufwärmverfahren müssen standardisiert werden, da sich zu hohe Aufwärmtemperaturen negativ auf die Milchqualität auswirken können. Deshalb sollten sie physiologische Temperaturen nicht übersteigen. Weiter ist die Anreicherung oftmals ein zusätzlicher Schritt bei der Zubereitung der Milch, der notwendig ist, um den hohen Nährstoffbedarf von Frühgeborenen zu decken. Dabei muss das Risiko von Verunreinigungen und Verwechslungen minimiert werden, ohne dass die Inhaltsstoffe der Muttermilch verloren gehen. Obwohl es immer mehr Daten gibt, welche die Bedeutung der Verarbeitung und Verabreichung von Muttermilch auf der neonatologischen Intensivstation belegen, ist weitere Forschungsarbeit dringend erforderlich, die die Methoden zur Optimierung der Qualität der Muttermilch nach dem Abpumpen untersucht, damit den Patienten auf der neonatologischen Intensivstation die Vorzüge der Muttermilch so gut wie möglich zugänglich gemacht werden können.

Literaturhinweise

- 1 American Academy of Pediatrics - Section on Breastfeeding. Breastfeeding and the use of human milk. *Pediatrics* 129, e827-e841 (2012).
- 2 UNICEF. Breastfeeding. http://www.unicef.org/nutrition/index_24824.html (2013).
- 3 European Society for Social Pediatrics and Child Health. ESSOP position statement: Breastfeeding (2008).
- 4 WHO. Exclusive breastfeeding. Statement on breastfeeding. http://www.who.int/nutrition/topics/exclusive_breastfeeding/en/ (2014).
- 5 Gartner, L.M. et al. Breastfeeding and the use of human milk. *Pediatrics* 115, 496-506 (2005).
- 6 Callen, J. & Pinelli, J. A review of the literature examining the benefits and challenges, incidence and duration, and barriers to breastfeeding in preterm infants. *Adv Neonatal Care* 5, 72-88 (2005).
- 7 Winberg, J. Mother and newborn baby: Mutual regulation of physiology and behavior - a selective review. *Dev Psychobiol* 47, 217-229 (2005).
- 8 Christensson, K. et al. Temperature, metabolic adaptation and crying in healthy full-term newborns cared for skin-to-skin or in a cot. *Acta Paediatr* 81, 488-493 (1992).
- 9 Michelsson, K., Christensson, K., Rothganger, H., & Winberg, J. Crying in separated and non-separated newborns: Sound spectrographic analysis. *Acta Paediatr* 85, 471-475 (1996).
- 10 Christensson, K., Cabrera, T., Christensson, E., Uvnas-Moberg, K., & Winberg, J. Separation distress call in the human neonate in the absence of maternal body contact. *Acta Paediatr* 84, 468-473 (1995).
- 11 Uvnas-Moberg, K. Neuroendocrinology of the mother-child interaction. *Trends Endocrinol Metab* 7, 126-131 (1996).
- 12 Widstrom, A.M. et al. Short-term effects of early suckling and touch of the nipple on maternal behaviour. *Early Hum Dev* 21, 153-163 (1990).
- 13 Salariya, E.M., Easton, P.M., & Cater, J.I. Duration of breast-feeding after early initiation and frequent feeding. *Lancet* 2, 1141-1143 (1978).
- 14 Hurst, N.M., Valentine, C.J., Renfro, L., Burns, P., & Ferlic, L. Skin-to-skin holding in the neonatal intensive care unit influences maternal milk volume. *J Perinatol* 17, 213-217 (1997).
- 15 Bier, J.A. et al. Comparison of skin-to-skin contact with standard contact in low-birth-weight infants who are breast-fed. *Arch Pediatr Adolesc Med* 150, 1265-1269 (1996).
- 16 Charpak, N., Ruiz-Pelaez, J.G., Figueroa de, C.Z., & Charpak, Y. A randomized, controlled trial of kangaroo mother care: Results of follow-up at 1 year of corrected age. *Pediatrics* 108, 1072-1079 (2001).
- 17 Chung, M., Raman, G., Trikalinos, T., Lau, J., & Ip, S. Interventions in primary care to promote breastfeeding: An evidence review for the U.S. Preventive Services Task Force. *Ann Intern Med* 149, 565-582 (2008).
- 18 U.S. Department of Health and Human Services. The Surgeon General's call to action to support breastfeeding (U.S. Department of Health and Human Services, Office of the Surgeon General, Washington, DC, 2011).
- 19 Ip, S. et al. Breastfeeding and maternal and infant health outcomes in developed countries. *Evid Rep Technol Assess (Full Rep)* 153, 1-186 (2007).
- 20 Labbok, M.H. & Hendershot, G.E. Does breast-feeding protect against malocclusion? An analysis of the 1981 Child Health Supplement to the National Health Interview Survey. *Am J Prev Med* 3, 227-232 (1987).
- 21 Inoue, N., Sakashita, R., & Kamegai, T. Reduction of masseter muscle activity in bottle-fed babies. *Early Hum Dev* 42, 185-193 (1995).
- 22 Diouf, J.S. et al. Influence of the mode of nutritive and non-nutritive sucking on the dimensions of primary dental arches. *Int Orthod* 8, 372-385 (2010).
- 23 Bartick, M. & Reinhold, A. The burden of suboptimal breastfeeding in the United States: A pediatric cost analysis. *Pediatrics* 125, e1048-e1055 (2010).
- 24 Newburg, D.S. & Walker, W.A. Protection of the neonate by the innate immune system of developing gut and of human milk. *Pediatr Res* 61, 2-8 (2007).
- 25 Hale, T.W. & Hartmann, P.E. *Textbook of human lactation* (Hale Publishing LLP, Amarillo TX, 2007).
- 26 Hassiotou, F. et al. Maternal and infant infections stimulate a rapid leukocyte response in breastmilk. *Clin Transl Immunology* 2, e3 (2013).
- 27 Hassiotou, F. & Geddes, D. Anatomy of the human mammary gland: Current status of knowledge. *Clin Anat* (2012).
- 28 Hassiotou, F. et al. Breastmilk is a novel source of stem cells with multilineage differentiation potential. *Stem Cells* 30, 2164-2174 (2012).
- 29 Bode, L. Human milk oligosaccharides: Every baby needs a sugar mama. *Glycobiology* 22, 1147-1162 (2012).
- 30 Garrido, D., Kim, J.H., German, J.B., Raybould, H.E., & Mills, D.A. Oligosaccharide binding proteins from *Bifidobacterium longum* subsp. *infantis* reveal a preference for host glycans. *PLoS One* 6, e17315 (2011).
- 31 Sela, D.A. et al. An infant-associated bacterial commensal utilizes breast milk sialyloligosaccharides. *J Biol Chem* 286, 11909-11918 (2011).
- 32 Wu, S., Grimm, R., German, J.B., & Lebrilla, C.B. Annotation and structural analysis of sialylated human milk oligosaccharides. *J Proteome Res* 10, 856-868 (2011).
- 33 Caicedo, R.A., Schanler, R.J., Li, N., & Neu, J. The developing intestinal ecosystem: Implications for the neonate. *Pediatr Res* 58, 625-628 (2005).
- 34 Claud, E.C. Probiotics and neonatal necrotizing enterocolitis. *Anaerobe* 17, 180-185 (2011).
- 35 Claud, E.C. & Walker, W.A. Hypothesis: Inappropriate colonization of the premature intestine can cause neonatal necrotizing enterocolitis. *FASEB J* 15, 1398-1403 (2001).
- 36 Schanler, R.J. Evaluation of the evidence to support current recommendations to meet the needs of premature infants: The role of human milk. *Am J Clin Nutr* 85, 625S-628S (2007).
- 37 Schanler, R.J. The use of human milk for premature infants. *Pediatr Clin North Am* 48, 207-219 (2001).
- 38 Schanler, R.J., Lau, C., Hurst, N.M., & Smith, E.O. Randomized trial of donor human milk versus preterm formula as substitutes for mothers' own milk in the feeding of extremely premature infants. *Pediatrics* 116, 400-406 (2005).
- 39 Kuschel, C.A. & Harding, J.E. Multicomponent fortified human milk for promoting growth in preterm infants. *Cochrane Database Syst Rev* CD000343, 1-45 (2004).
- 40 Patel, A.L. et al. Impact of early human milk on sepsis and health-care costs in very low birth weight infants. *J Perinatol* 33, 514-519 (2013).
- 41 Johnson, T.J., Patel, A.L., Bigger, H.R., Engstrom, J.L., & Meier, P.P. Economic benefits and costs of human milk feedings: A strategy to reduce the risk of prematurity-related morbidities in very-low-birth-weight infants. *Adv Nutr* 5, 207-212 (2014).
- 42 Human Milk Banking Association of North America. 2011 Best practice for expressing, storing and handling human milk in hospitals, homes, and child care settings (HMBANA, Fort Worth, 2011).
- 43 Barlow, S.M. Oral and respiratory control for preterm feeding. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 17, 179-186 (2009).

- 44 Meier, P.P. & Engstrom, J.L. Evidence-based practices to promote exclusive feeding of human milk in very low-birthweight infants. *NeoReviews* 18, c467-c477 (2007).
- 45 Pang, W.W. & Hartmann, P.E. Initiation of human lactation: Secretory differentiation and secretory activation. *J Mammary Gland Biol Neoplasia* 12, 211-221 (2007).
- 46 Neville, M.C. Anatomy and physiology of lactation. *Pediatr Clin North Am* 48, 13-34 (2001).
- 47 Chapman, D.J., Young, S., Ferris, A.M., & Perez-Escamilla, R. Impact of breastpumping on lactogenesis stage II after cesarean delivery: A randomized clinical trial. *Pediatrics* 107, E94 (2001).
- 48 Saint, L., Smith, M., & Hartmann, P.E. The yield and nutrient content of colostrum and milk of women from giving birth to 1 month post-partum. *Br J Nutr* 52, 87-95 (1984).
- 49 Neville, M.C. et al. Studies in human lactation: Milk volumes in lactating women during the onset of lactation and full lactation. *Am J Clin Nutr* 48, 1375-1386 (1988).
- 50 Hill, P.D., Aldag, J.C., Chatterton, R.T., & Zinaman, M. Comparison of milk output between mothers of preterm and term infants: The first 6 weeks after birth. *J Hum Lact* 21, 22-30 (2005).
- 51 Hill, P.D., Aldag, J.C., & Chatterton, R.T. Effects of pumping style on milk production in mothers of non-nursing preterm infants. *J Hum Lact* 15, 209-216 (1999).
- 52 Dewey, K.G. & Lonnerdal, B. Infant self-regulation of breast milk intake. *Acta Paediatr Scand* 75, 893-898 (1986).
- 53 Hill, P.D., Aldag, J.C., & Chatterton, R.T. Initiation and frequency of pumping and milk production in mothers of non-nursing preterm infants. *J Hum Lact* 17, 9-13 (2001).
- 54 Hopkinson, J., Schanler, R., & Garza, C. Milk production by mothers of premature infants. *Pediatrics* 81, 815-820 (1988).
- 55 Furman, L., Minich, N., & Hack, M. Correlates of lactation in mothers of very low birth weight infants. *Pediatrics* 109, e57 (2002).
- 56 Parker, L.A., Sullivan, S., Krueger, C., Kelechi, T., & Mueller, M. Effect of early breast milk expression on milk volume and timing of lactogenesis stage II among mothers of very low birth weight infants: A pilot study. *J Perinatol* 32, 205-209 (2012).
- 57 Parker, L.A., Sullivan, S., Krueger, C., & Mueller, M. Association of timing of initiation of breastmilk expression on milk volume and timing of lactogenesis stage II among mothers of very low-birth-weight infants. *Breastfeed Med* (2015).
- 58 Hill, P.D., Aldag, J.C., & Chatterton, R.T., Jr. Breastfeeding experience and milk weight in lactating mothers pumping for preterm infants. *Birth* 26, 233-238 (1999).
- 59 Jones, E. Initiating and establishing lactation in the mother of a preterm infant. *J Neonatal Nurs* 15, 56-59 (2009).
- 60 Peaker, M. & Wilde, C.J. Feedback control of milk secretion from milk. *J Mammary Gland Biol Neoplasia* 1, 307-315 (1996).
- 61 Woolridge, M.W. The 'anatomy' of infant sucking. *Midwifery* 2, 164-171 (1986).
- 62 Meier, P.P. et al. A comparison of the efficiency, efficacy, comfort, and convenience of two hospital-grade electric breast pumps for mothers of very low birthweight infants. *Breastfeed Med* 3, 141-150 (2008).
- 63 Kent, J.C., Ramsay, D.T., Doherty, D., Larsson, M., & Hartmann, P.E. Response of breasts to different stimulation patterns of an electric breast pump. *J Hum Lact* 19, 179-186 (2003).
- 64 Kent, J.C. et al. Importance of vacuum for breastmilk expression. *Breastfeed Med* 3, 11-19 (2008).
- 65 Meier, P.P., Engstrom, J.L., Janes, J.E., Jegier, B.J., & Loera, F. Breast pump suction patterns that mimic the human infant during breastfeeding: Greater milk output in less time spent pumping for breast pumpdependent mothers with premature infants. *J Perinatol* 32, 103-110 (2012).
- 66 Torowicz, D.L., Seelhorst, A., Froh, E.B., Spatz, D.L. Human milk and breastfeeding outcomes in infants with congenital heart disease. *Breastfeed Med* 10, 31-37 (2015).
- 67 Engstrom, J.L., Meier, P.P., Jegier, B., Motykowski, J.E., & Zuleger, J.L. Comparison of milk output from the right and left breasts during simultaneous pumping in mothers of very low birthweight infants. *Breastfeed Med* 2, 83-91 (2007).
- 68 Zoppi, I. Correctly fitting Breast shields: A guide for clinicians. *Neonatal Intensive Care* 24, 23-25 (2011).
- 69 Jones, E., Dimmock, P.W., & Spencer, S.A. A randomised controlled trial to compare methods of milk expression after preterm delivery. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 85, F91-F95 (2001).
- 70 Ramsay, D.T., Kent, J.C., Owens, R.A., & Hartmann, P.E. Ultrasound imaging of milk ejection in the breast of lactating women. *Pediatrics* 113, 361-367 (2004).
- 71 Johnson, C.A. An evaluation of breast pumps currently available on the American market. *Clin Pediatr* 22, 40 (1983).
- 72 Jones, L. Principles to promote the initiation and establishment of lactation in the mother of a preterm or sick infant (UNICEF, 2008).
- 73 Kent, J.C., Geddes, D.T., Hepworth, A.R., & Hartmann, P.E. Effect of Warm Breastshields on Breast Milk Pumping. *J Hum Lact* 27, 331-338 (2011).
- 74 Hill, P.D., Aldag, J.C., & Chatterton, R.T. The effect of sequential and simultaneous breast pumping on milk volume and prolactin levels: A pilot study. *J Hum Lact* 12, 193-199 (1996).
- 75 Prime, D.K., Garbin, C.P., Hartmann, P.E., & Kent, J.C. Simultaneous breast expression in breastfeeding women is more efficacious than sequential breast expression. *Breastfeed Med* 7, 442-447 (2012).
- 76 Meier, P.P. Breastfeeding in the special care nursery. Prematures and infants with medical problems. *Pediatr Clin North Am* 48, 425-442 (2001).
- 77 Acuña-Muga, J. et al. Volume of milk obtained in relation to location and circumstances of expression in mothers of very low birth weight infants. *J Hum Lact* 30, 41-46 (2014).
- 78 Hill, P.D. & Aldag, J.C. Milk volume on day 4 and income predictive of lactation adequacy at 6 weeks of mothers of nonnursing preterm infants. *J Perinat Neonatal Nurs* 19, 273-282 (2005).
- 79 Morton, J., Hall, J.Y., Wong, R.J., Benitz, W.E., & Rhine, W.D. Combining hand techniques with electric pumping increases milk production in mothers of preterm infants. *J Perinatol* 29, 757-764 (2009).
- 80 Morton, J. et al. Combining hand techniques with electric pumping increases the caloric content of milk in mothers of preterm infants. *J Perinatol* 32, 791-796 (2012).
- 81 Ohyama, M., Watabe, H., & Hayasaka, Y. Manual expression and electric breastpumping in the first 48 hours after delivery. *Pediatr Int* 52, 39-43 (2010).
- 82 Slusher, T. et al. Electric breastpump use increases maternal milk volume in African nurseries. *J Trop Pediatr* 53, 125 (2007).
- 83 Pittet, D., Allegranzi, B., & Boyce, J. The World Health Organization Guidelines on Hand Hygiene in Health Care and their consensus recommendations. *Infect Control Hosp Epidemiol* 30, 611-622 (2009).
- 84 Brown, S.L., Bright, R.A., Dwyer, D.E., & Foxman, B. Breast pump adverse events: Reports to the food and drug administration. *J Hum Lact* 21, 169-174 (2005).
- 85 Jones, B. et al. An outbreak of *Serratia marcescens* in two neonatal intensive care units. *J Hosp Infect* 46, 314-319 (2000).

- 86 Gilks,J., Price,E., Hateley,P., Gould,D., & Weaver,G. Pros, cons and potential risks of on-site decontamination methods used on neonatal units for articles indirectly associated with infant feeding, including breast pump collection kits and neonatal dummies. *J Infect Prev* 13, 16-23 (2012).
- 87 Shetty,A., Barnes,R., Adappa,R., & Doherty,C. Quality control of expressed breast milk. *J Hosp Infect* 62, 253-254 (2006).
- 88 Stellwagen,L.M., Vaucher,Y.E., Chan,C.S., Montminy,T.D., & Kim,J.H. Pooling expressed breastmilk to provide a consistent feeding composition for premature infants. *Breastfeed Med* 8, 205-209 (2013).
- 89 Zeilhofer,U.B., Frey,B., Zandee,J., & Bernet,V. The role of critical incident monitoring in detection and prevention of human breast milk confusions. *Eur J Pediatr* 168, 1277-1279 (2009).
- 90 Dougherty,D. & Nash,A. Bar coding from breast to baby: A comprehensive breast milk management system for the NICU. *Neonatal Netw* 28, 321-328 (2009).
- 91 Drenckpohl,D., Bowers,L., & Cooper,H. Use of the six sigma methodology to reduce incidence of breast milk administration errors in the NICU. *Neonatal Netw* 26, 161-166 (2007).
- 92 Bode,L. et al. It's alive: Microbes and cells in human milk and their potential benefits to mother and infant. *Adv Nutr* 5, 571-573 (2014).
- 93 Boo,N.Y., Nordiah,A.J., Alfizah,H., Nor-Rohaini,A.H., & Lim,V.K. Contamination of breast milk obtained by manual expression and breast pumps in mothers of very low birthweight infants. *J Hosp Infect* 49, 274-281 (2001).
- 94 Novak,F.R., Da Silva,A.V., Hagler,A.N., & Figueiredo,A.M. Contamination of expressed human breast milk with an epidemic multiresistant *Staphylococcus aureus* clone. *J Med Microbiol* 49, 1109-1117 (2000).
- 95 Carroll,L., Osman,M., Davies,D.P., & McNeish,A.S. Bacteriological criteria for feeding raw breast-milk to babies on neonatal units. *Lancet* 2, 732-733 (1979).
- 96 Eidelman,A.I. & Szilagyi,G. Patterns of bacterial colonization of human milk. *Obstet Gynecol* 53, 550-552 (1979).
- 97 Thompson,N., Pickler,R.H., Munro,C., & Shotwell,J. Contamination in expressed breast milk following breast cleansing. *J Hum Lact* 13, 127-130 (1997).
- 98 Perez,P.F. et al. Bacterial imprinting of the neonatal immune system: Lessons from maternal cells? *Pediatrics* 119, e724-e732 (2007).
- 99 Hamosh,M., Ellis,L., Pollock,D., Henderson,T., & Hamosh,P. Breastfeeding and the working mother: Effect of time and temperature of short-term storage on proteolysis, lipolysis, and bacterial growth in milk. *Pediatrics* 97, 492-498 (1996).
- 100 Molinari,C., Casadio,Y.S., Arthur,P.G., & Hartmann,P.E. The effect of storage at 25° C on proteins in human milk. *Internat Diary J* 21, 286-293 (2011).
- 101 Ferranti,P. et al. Casein proteolysis in human milk: Tracing the pattern of casein breakdown and the formation of potential bioactive peptides. *J Dairy Res* 71, 74-87 (2004).
- 102 Lawrence,R. Storage of human milk and the influence of procedures on immunological components of human milk. *Acta Paediatr Suppl* 88, 14-18 (1999).
- 103 Slutzah,M., Codipilly,C.N., Potak,D., Clark,R.M., & Schanler,R.J. Refrigerator Storage of Expressed Human Milk in the Neonatal Intensive Care Unit. *J Pediatr* 156, 26-28 (2010).
- 104 Sosa,R. & Barness,L. Bacterial growth in refrigerated human milk. *Am J Dis Child* 141, 111-112 (1987).
- 105 Santiago,M.S., Codipilly,C.N., Potak,D.C., & Schanler,R.J. Effect of human milk fortifiers on bacterial growth in human milk. *J Perinatol* 25, 647-649 (2005).
- 106 Ogundele,M.O. Effects of storage on the physicochemical and antibacterial properties of human milk. *Brit J Biomed Sci* 59, 205 (2002).
- 107 Martinez-Costa,C. et al. Effects of refrigeration on the bactericidal activity of human milk: A preliminary study. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 45, 275-277 (2007).
- 108 Silvestre,D., Lopez,M.C., March,L., Plaza,A., & Martinez-Costa,C. Bactericidal activity of human milk: Stability during storage. *Br J Biomed Sci* 63, 59-62 (2006).
- 109 Igumbor,E.O., Mukura,R.D., Makandiramba,B., & Chihota,V. Storage of breast milk: Effect of temperature and storage duration on microbial growth. *Cent Afr J Med* 46, 247-251 (2000).
- 110 Eglash,A. ABM clinical protocol #8: Human milk storage information for home use for full-term infants (original protocol March 2004; revision #1 March 2010). *Breastfeed Med* 5, 127-130 (2010).
- 111 Friend,B.A., Shahani,K.M., Long,C.A., & Vaughn,L.A. The effect of processing and storage on key enzymes, B vitamins, and lipids of mature human milk. I. Evaluation of fresh samples and effects of freezing and frozen storage. *Pediatr Res* 17, 61-64 (1983).
- 112 Evans,T.J., Ryley,H.C., Neale,L.M., Dodge,J.A., & Lewarne,V.M. Effect of storage and heat on antimicrobial proteins in human milk. *Arch Dis Child* 53, 239-241 (1978).
- 113 Buss,I.H., McGill,F., Darlow,B.A., & Winterbourn,C.C. Vitamin C is reduced in human milk after storage. *Acta Paediatr* 90, 813-815 (2001).
- 114 Bank,M.R., Kirksey,A., West,K., & Giacoia,G. Effect of storage time and temperature on folacin and vitamin C levels in term and preterm human milk. *Am J Clin Nutr* 41, 235-242 (1985).
- 115 Marin,M.L. et al. Cold storage of human milk: Effect on its bacterial composition. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 49, 343-348 (2009).
- 116 Takci,S. et al. Effects of freezing on the bactericidal activity of human milk. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 55, 146-149 (2012).
- 117 Pardou,A., Serruys,E., Mascart-Lemone,F., Dramaix,M., & Vis,H.L. Human milk banking: Influence of storage processes and of bacterial contamination on some milk constituents. *Biol Neonate* 65, 302-309 (1994).
- 118 Hernandez,J., Lemons,P., Lemons,J., & Todd,J. Effect of storage processes on the bacterial growth-inhibiting activity of human breast milk. *Pediatrics* 63, 597-601 (1979).
- 119 Rechtman,D.J., Lee,M.L., & Berg,H. Effect of environmental conditions on unpasteurized donor human milk. *Breastfeed Med* 1, 24-26 (2006).
- 120 Lemons,P.M., Miller,K., Eitzen,H., Strodtbeck,F., & Lemons,J.A. Bacterial growth in human milk during continuous feeding. *Am J Perinatol* 1, 76-80 (1983).
- 121 Berkow,S.E. et al. Lipases and lipids in human milk: Effect of freeze-thawing and storage. *Pediatr Res* 18, 1257-1262 (1984).
- 122 Barash,J.R., Hsia,J.K., & Arnon,S.S. Presence of soil-dwelling clostridia in commercial powdered infant formulas. *J Pediatr* 156, 402-408 (2010).
- 123 WHO. Safe preparation, storage and handling of powdered infant formula guidelines (Who Press, Geneva, 2007).
- 124 Chan,G.M. Effects of powdered human milk fortifiers on the antibacterial actions of human milk. *J Perinatol* 23, 620-623 (2003).
- 125 Chan,G.M., Lee,M.L., & Rechtman,D.J. Effects of a human milk-derived human milk fortifier on the antibacterial actions of human milk. *Breastfeed Med* 2, 205-208 (2007).
- 126 Czank,C., Prime,D.K., Hartmann,B., Simmer,K., & Hartmann,P.E. Retention of the immunological proteins of pasteurized human milk in relation to pasteurized design and practice. *Pediatr Res* 66, 374-379 (2009).

- 127 Quan,R. et al. Effects of microwave radiation on anti-infective factors in human milk. *Pediatrics* 89, 667-669 (1992).
- 128 Sigman,M., Burke,K.I., Swarner,O.W., & Shavlik,G.W. Effects of microwaving human milk: Changes in IgA content and bacterial count. *J Am Diet Assoc* 89, 690-692 (1989).
- 129 Brown,S.L., Bright,R.A., Dwyer,D.E., & Foxman,B. Breast pump adverse events: Reports to the food and drug administration. *J Hum Lact* 21, 169-174 (2005).
- 130 Nilsson,K. Maintenance and monitoring of body temperature in infants and children. *Paediatr Anaesth* 1, 13-20 (1991).
- 131 Knobel,R. & Holditch-Davis,D. Thermoregulation and heat loss prevention after birth and during neonatal intensive-care unit stabilisation of extremely low-birthweight infants. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs* 36, 280-287 (2007).
- 132 Eckburg,J.J., Bell,E.F., Rios,G.R., & Wilmoth,P.K. Effects of formula temperature on postprandial thermogenesis and body temperature of premature infants. *J Pediatr* 111, 588-592 (1987).
- 133 Dumm,M., Hamms,M., Sutton,J., & Ryan-Wenger,N. NICU breast milk warming practices and the physiological effects of breast milk feeding temperatures on preterm infants. *Adv Neonatal Care* 13, 279-287 (2013).
- 134 Gonzales,I., Durvea,E.J., Vasquez,E., & Geraghty,N. Effect of enteral feeding temperature on feeding tolerance in preterm infants. *Neonatal Netw* 14, 39-43 (1995).
- 135 Costalos,C., Ross,I., Campbell,A.G.M., & Sofi,M. Is it necessary to warm infants feeds. *Arch Dis Child* 54, 899-901 (1979).
- 136 Anderson,C.A. & Berseth,C.I. Neither motor responses nor gastric emptying vary in response to formula temperature in preterm infants. *Biol Neonate* 70, 265-270 (1996).
- 137 Lawlor-Klean,P., Lefaiver,C.A., & Wiesbrock,J. Nurses' perception of milk temperature at delivery compared to actual practice in the neonatal intensive care unit. *Adv Neonatal Care* 13, E1-E10 (2013).
- 138 American Academy of Pediatrics - Committee on Nutrition. Nutritional needs of low-birth-weight infants. *Pediatrics* 75, 976-986 (1985).
- 139 Thomas,N., Cherian,A., Santhanam,S., & Jana,A.K. A randomized control trial comparing two enteral feeding volumes in very low birth weight babies. *J Trop Pediatr* 58, 55-58 (2012).
- 140 Sullivan,S. et al. An exclusively human milk-based diet is associated with a lower rate of necrotizing enterocolitis than a diet of human milk and bovine milk-based products. *J Pediatr* 156, 562-567 (2010).
- 141 Cristofalo,E.A. et al. Randomized trial of exclusive human milk versus preterm formula diets in extremely premature infants. *J Pediatr* 163, 1592-1595 (2013).
- 142 Lapillonne,A., O'Connor,D.L., Wang,D., & Rigo,J. Nutritional recommendations for the late-preterm infant and the preterm infant after hospital discharge. *J Pediatr* 162, S90-100 (2013).
- 143 Jocson,M.A., Mason,E.O., & Schanler,R.J. The effects of nutrient fortification and varying storage conditions on host defense properties of human milk. *Pediatrics* 100, 240-243 (1997).
- 144 Janjindamai,W. & Chotsampancharoen,T. Effect of fortification on the osmolality of human milk. *J Med Assoc Thai* 89, 1400-1403 (2006).
- 145 Fenton,T.R. & Belik,J. Routine handling of milk fed to preterm infants can significantly increase osmolality. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 35, 298-302 (2002).
- 146 Diehl-Jones,W., Askin,D.F., & Friel,J.K. Microlipid-induced oxidative stress in human breastmilk: In vitro effects on intestinal epithelial cells. *Breastfeed Med* 2, 209-218 (2007).
- 147 Barlow,S.M. Oral and respiratory control for preterm feeding. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 17, 179-186 (2009).
- 148 American Academy of Pediatrics - Committee on Fetus and Newborn. Hospital discharge of the high-risk neonate. *Pediatrics* 122, 1119-1126 (2008).

**Medela AG**

Lättichstrasse 4b
6341 Baar, Switzerland
www.medela.com

Germany & Austria

Medela Medizintechnik
GmbH & Co. Handels KG
Postfach 1148
85378 Eching
Germany
Phone +49 89 31 97 59-0
Fax +49 89 31 97 59 99
info@medela.de
www.medela.de

Im März 2015 aktualisiert

Hinweis: Dieses Dokument ist nicht für den US-Markt vorgesehen.