

Geschlechterspezifische Aspekte der Infektiologie

Conflicts of Interest

Forschungs- und Vortragsgelder Shionogi, Infectopharm, BBraun, Hartmann-Bode, Tillots und Pfizer

Mitgliedschaft

ESICM (European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases)

DGAI (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin)

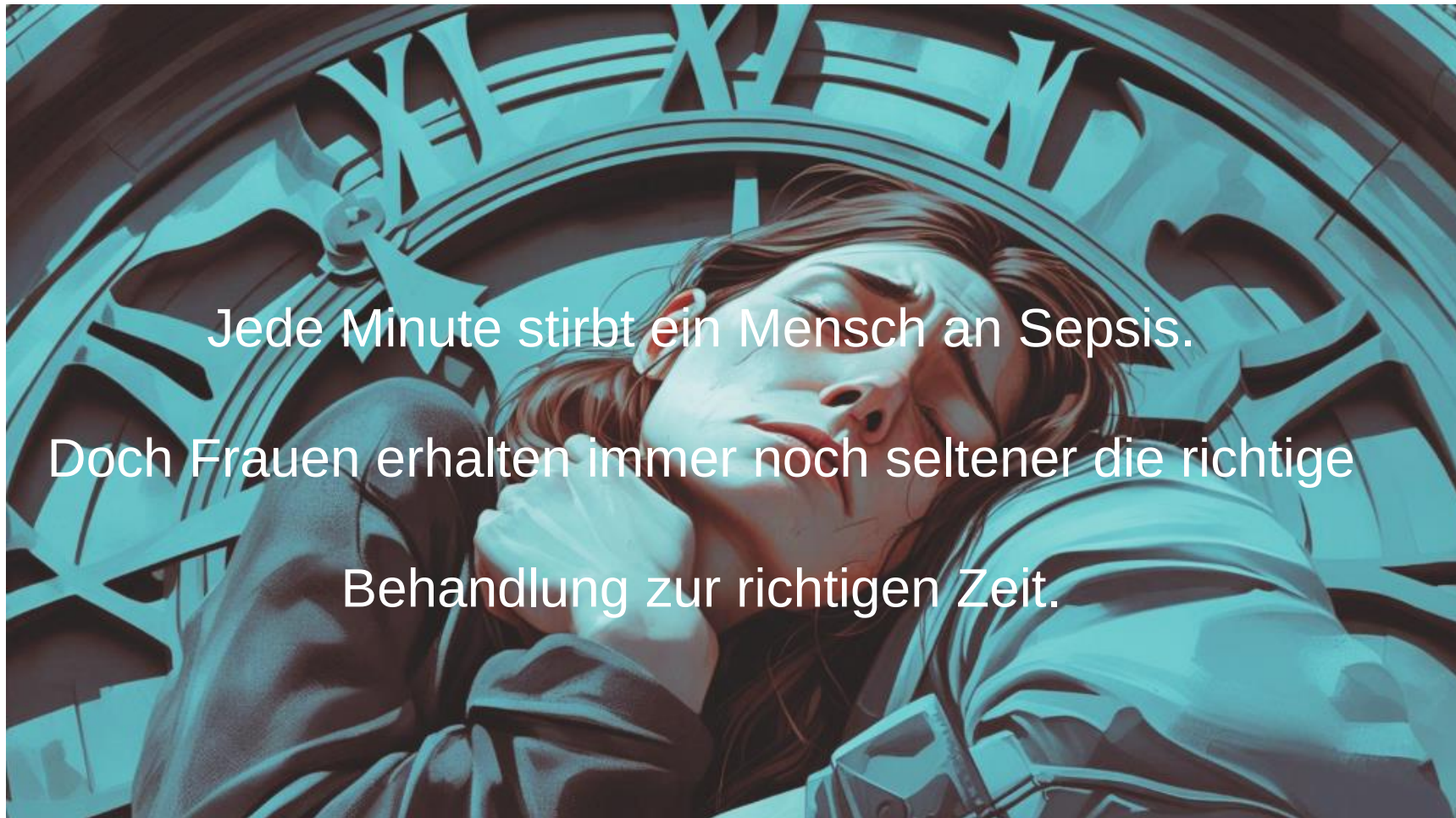
Deutscher Ärztinnenbund

PEG (Paul Ehrlich Gesellschaft)

Spitzenfrauen Gesundheit

Und ich habe Kinder ...

Sepsis & Gender Data Gap – ein Patientensicherheitsproblem



Jede Minute stirbt ein Mensch an Sepsis.

Doch Frauen erhalten immer noch seltener die richtige

Behandlung zur richtigen Zeit.

Geschlechtsspezifische Unterschiede im Krankheitsempfinden

- Wahrnehmung & Kommunikation
- Schmerzempfinden & Reaktion
- Krankheitsbewusstsein
- 🌐 Kulturelle Einflüsse
 - Frauen dürfen über Beschwerden sprechen
 - Männer sollen "durchhalten"

Horn C, et al. [Sex in infectious diseases-How sex differences influence the immune response to infections]. Inn Med (Heidelb). 2023 Aug;64(8):752-757. German

Guzikevits M, et al. Sex bias in pain management decisions. Proc Natl Acad Sci U S A. 2024 Aug 13;121(33):e2401331121

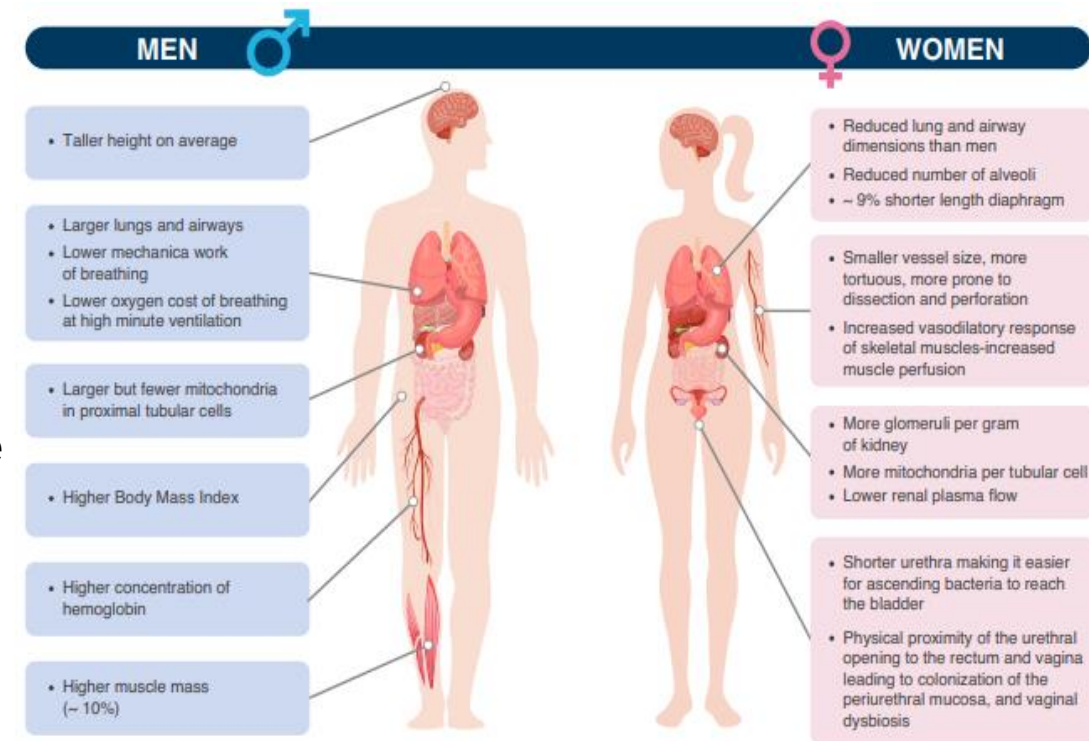
<https://www.schmerzgesellschaft.de/patienteninformationen/besonderheiten-bei-schmerz/schmerz-bei-frauen-und-maenner> abruf 12.02.2025 15:00..

Immunologie

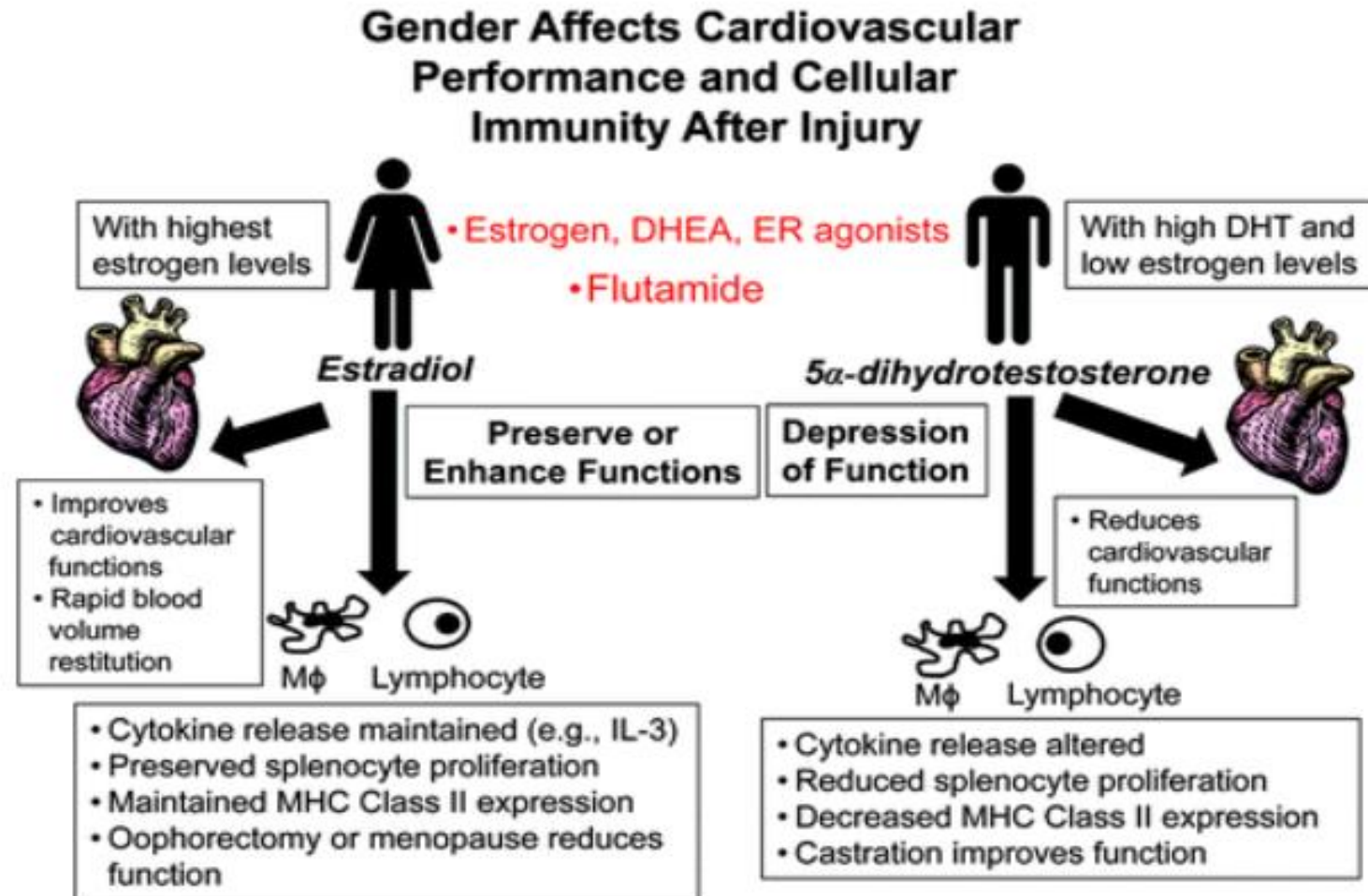
Das Immunsystem ist nicht geschlechtsneutral

- Sexualhormone modulieren die Immunantwort
 - Einfluss auf angeborene und adaptive Immunität
- Frauen: stärkere Immunaktivierung
 - höhere Antikörperproduktion, stärkere Inflammation
- Männer: höhere Anfälligkeit für schwere Infektionen
 - z. B. höhere Sepsis-Inzidenz (RR ~1,3), schwerere Verläufe
- Hormonelle Effekte:
 - Östrogene eher immunstimulierend,
 - Testosteron eher immunsuppressiv
- Trade-off:

Stärkere Abwehr bei Frauen ↔ höheres Risiko für Autoimmunerkrankungen



Immunantwort



Geschlechtshormone in der Immunantwort

- ◇ Stärkere Immunantwort bei Frauen
 - Östrogene aktivieren, Androgene dämpfen das Immunsystem.
 - Frauen haben höhere Antikörperproduktion und eine stärkere Reaktion auf Infektionen.
- ◇ Autoimmunerkrankungen & Geschlecht
 - Frauen sind häufiger betroffen
 - Hormonmodulation als Therapieansatz
- ◇ Infektionen & Allergien
 - Frauen zeigen stärkere Immunantwort auf Viren
 - Asthma & Allergien schwanken hormonabhängig (z. B. Schwangerschaft, Menopause).

Chromosomen oder Hormone?

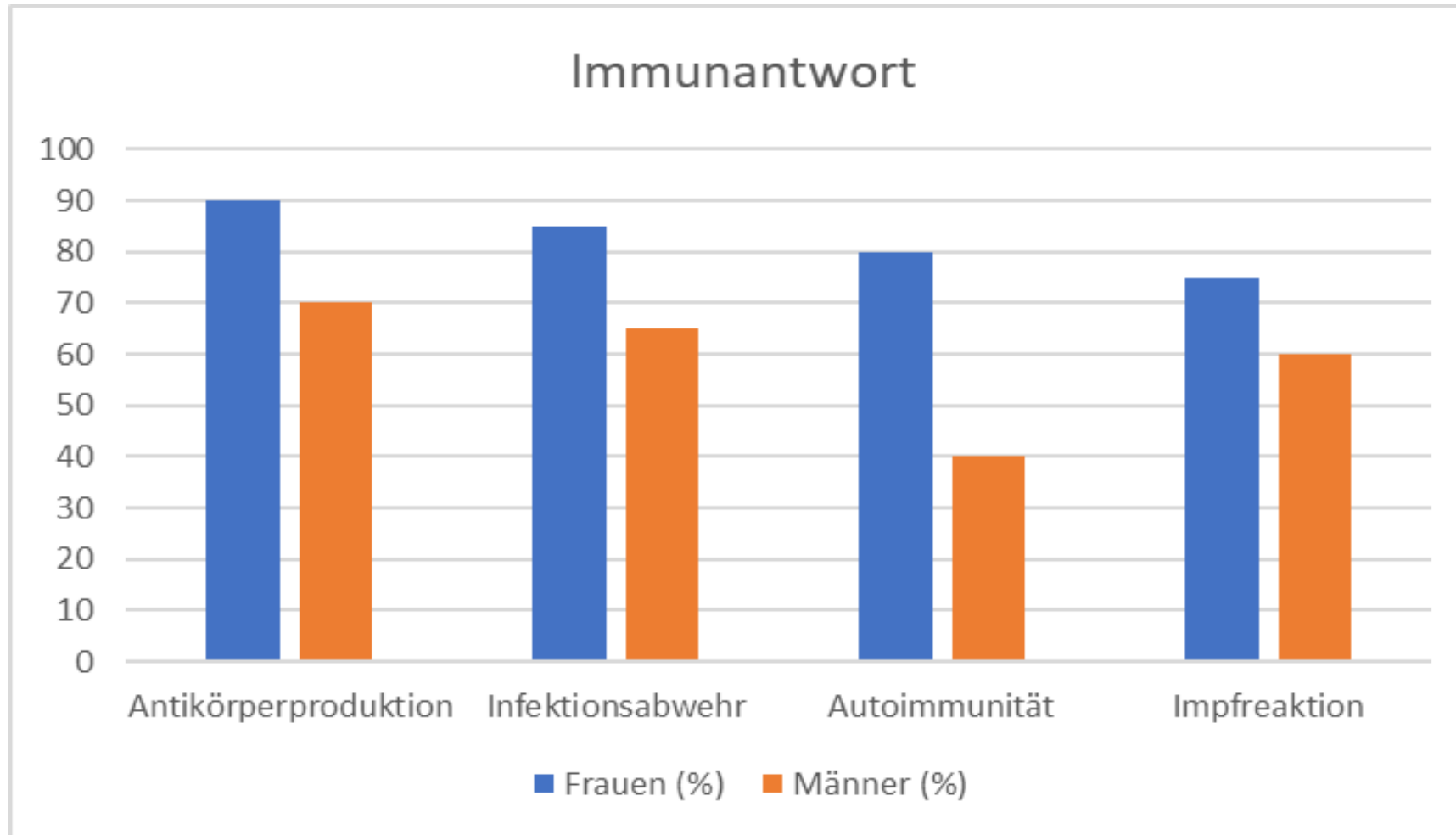
Zelluläre Immunantwort
Chromosomal assoziiert

Humorale Immunantwort
Hormonell assoziiert

Männer höheres Risiko für schwere
Sepsis, schwächere Immunantwort

Frauen: stärkere Immunantwort, jedoch
höheres Risiko für
Autoimmunerkrankungen

Geschlechtshormone und geschlechtsspezifische Unterschiede bei Immunreaktionen



Viren

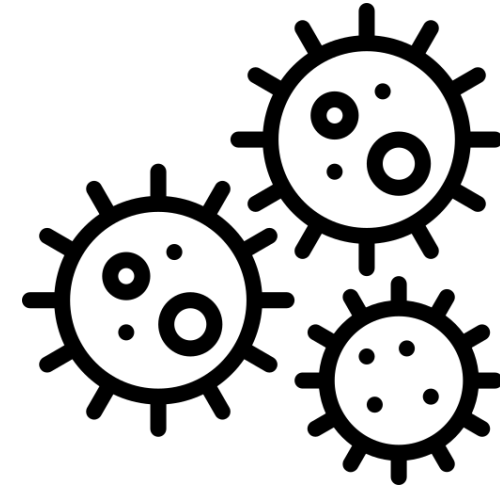
Den Männerschnupfen gibt es doch

- Viruserkrankungen verlaufen bei Männern im Schnitt schwerer.
- Ein Beispiel: "In der Pandemie landeten Männer doppelt so häufig mit Covid19 auf der Intensivstation und ihre Sterblichkeit war 1,3-mal höher als die der Frauen."
- Auch nach der Menopause bleibt bei Frauen die T-Zell assoziierte Immunität stabiler
- Lebensstil hat einen Einfluss: "Männer sind oft weniger gesundheitsbewusst. Sie ernähren sich im Schnitt schlechter, neigen mehr zu Alkohol und Rauchen." das schwächt das Immunsystem .



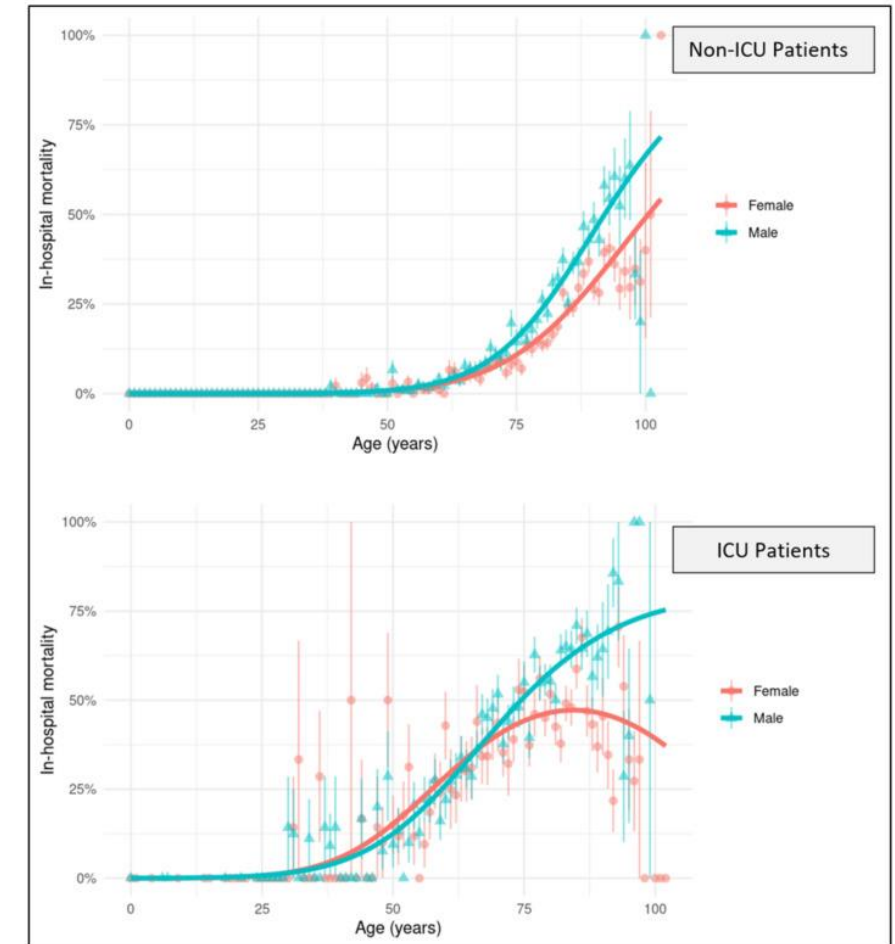
SARS-CoV-2 und Geschlecht

- Männer höheres Risiko für schwere Verläufe und Sterblichkeit.
- Frauen häufiger Long COVID.
- Unterschiede in der Immunantwort beeinflussen den Verlauf
- Berufliche Exposition: Frauen arbeiten häufiger in Gesundheits- und Pflegeberufen.
- Care-Arbeit: Höhere Belastung kann das Infektionsrisiko beeinflussen.
- Unterschiedlicher Zugang zur Gesundheitsversorgung: Männer suchen oft später ärztliche Hilfe auf.
- Konsequenzen für Forschung und Versorgung
- Geschlechtsspezifische Datenanalysen helfen, gezielte Präventionsstrategien zu entwickeln.



COVID-19 auf der Intensivstation

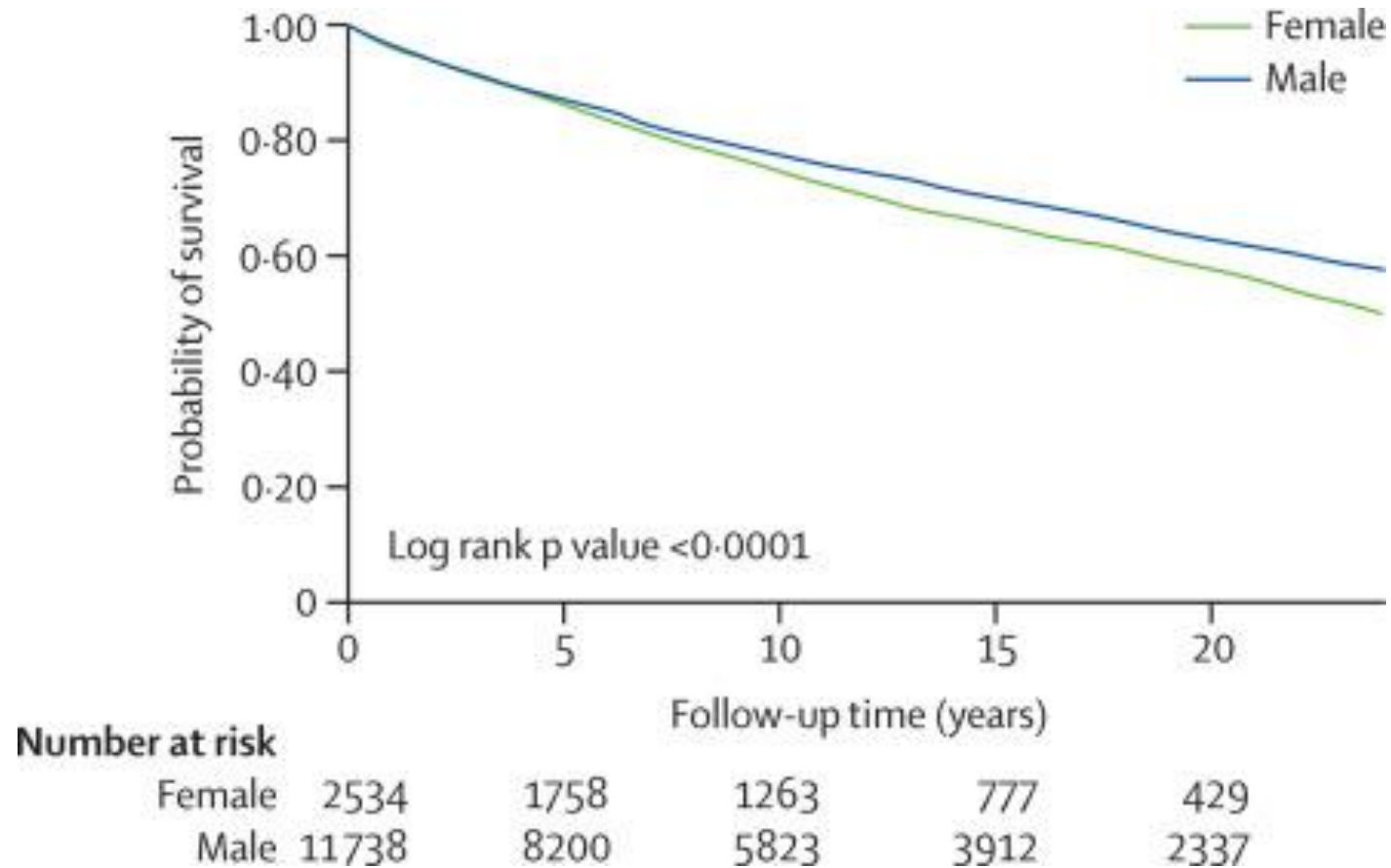
- Männer signifikant erhöhtes Risiko für schwere Verläufe und höhere Sterblichkeit
- Männer häufiger Intensivpflege (Odds Ratio [OR] = 1,61) und mechanische Beatmung (OR = 1,87)
- Bis zum Alter von 60 Jahren steigt die Sterblichkeit mit dem Alter ähnlich für beide Geschlechter
- Ab 60 Jahren erhöht sich das Sterberisiko bei Männern stärker als bei Frauen
- Größter Geschlechtsunterschied bei den ältesten Patienten. 75% der Männer über 90 Jahren verstarben, verglichen mit 46% der Frauen



Lebenserwartung und Sterblichkeit bei Männern und Frauen mit HIV

- ◇ Männer (n = 11.738)
 - Lebenserwartung mit 20 Jahren: +23,54 Jahre (24,46 → 48,00 Jahre)
- ◇ Frauen (n = 2.534)
 - Lebenserwartung mit 20 Jahren: +18,81 Jahre (22,13 → 40,94 Jahre)
- ◇ Geschlechterunterschied nimmt zu
 - 1996–2001: 2,3 Jahre Unterschied
 - 2012–2020: 7,0 Jahre Unterschied
- ◇ Höhere Sterblichkeit bei Frauen trotz Berücksichtigung sozialer Faktoren (HR 1,11).

Lebenserwartung und Sterblichkeit bei Männern und Frauen mit HIV



Sepsis

• Sepsis zeigt die Komplexität besonders deutlich

- Männer entwickeln häufiger Sepsis und septische Organversagen
→ z. B. höhere Prävalenz und Hospitalisationsrate
- Gleichzeitig:
 - Unterschiede in Therapie und Versorgungspfaden beschrieben (z. B. Zeit bis Antibiotika, Bundle-Adhärenz)
 - Outcome-Daten uneinheitlich
→ kein konsistentes Signal für einen klaren Mortalitätsunterschied

Meta-Analyse (13 Studien, n = 80.520):

- Krankenhausmortalität OR 1,02
- ICU-Mortalität OR 1,19
→ kein belastbarer signifikanter Unterschied

Sepsis zeigt: Unterschiede in Biologie und Versorgung sind klar

– Outcomes bleiben uneinheitlich. Genau hier braucht es bessere, stratifizierte Daten.

Alter ist ein Schlüsselmodyfier

Geschlechtsunterschiede sind altersabhängig

Mehrere große Kohorten zeigen Interaktion zwischen Geschlecht und Alter

→ Effekte sind nicht konstant über die Lebensspanne

Beispiel: jüngere Frauen teilweise niedrigere Mortalität,

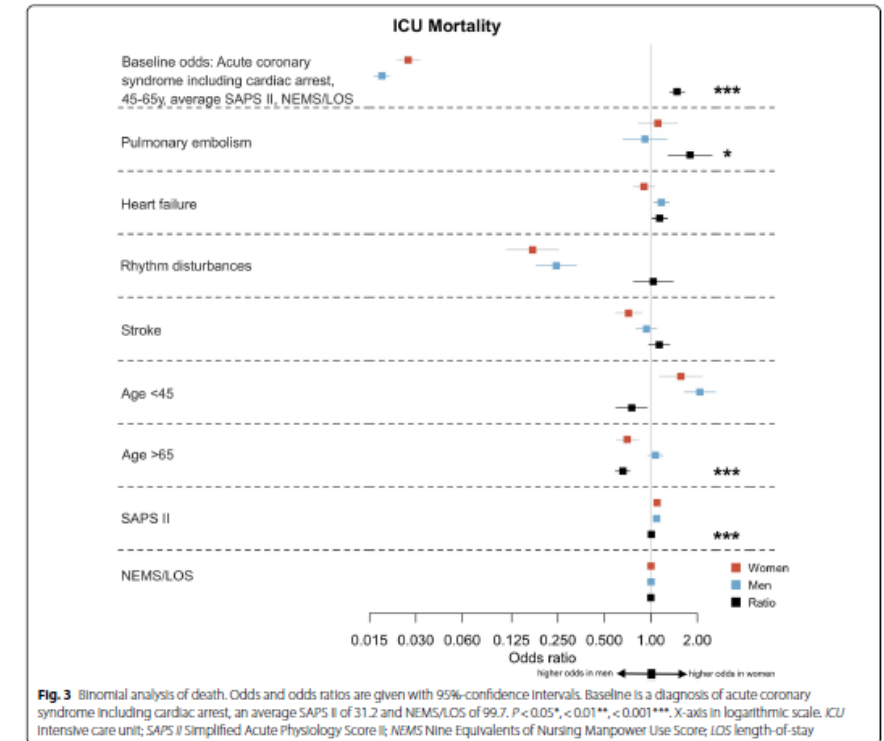
ältere Frauen höhere adjustierte Mortalität

Auch bei Versorgung:

ICU-Zugang und Therapie unterscheiden sich je nach Altersgruppe

Ältere Frauen als potenziell besonders vulnerable Gruppe (höheres Alter, weniger ICU-Zugang, andere Therapiepfade)

Biologisch plausibel: prä- vs. postmenopausal → hormonelle und immunologische Unterschiede



Unterschiedliche Immun- und Stoffwechselantwort

- Proinflammatorische Zytokine bei Männern höher:
→ IL-2, IL-12, IFN- γ , TNF- α signifikant erhöht bei Aufnahme
- Beispiel Outcome-Kontext:
→ Trauma: Mortalität Männer 12,7 % vs. Frauen 9,1 %
- Metabolische Unterschiede (frühe ICU-Phase):
→ Frauen: $\uparrow$ Sphingomyeline, $\uparrow$ Lysophospholipide
→ Männer: $\uparrow$ Acylcarnitine, $\uparrow$ Aminosäuren
- Energie- und Fettstoffwechsel:
→ Frauen: eher Speicherung (Triglyzeride)
→ Männer: eher Oxidation freier Fettsäuren

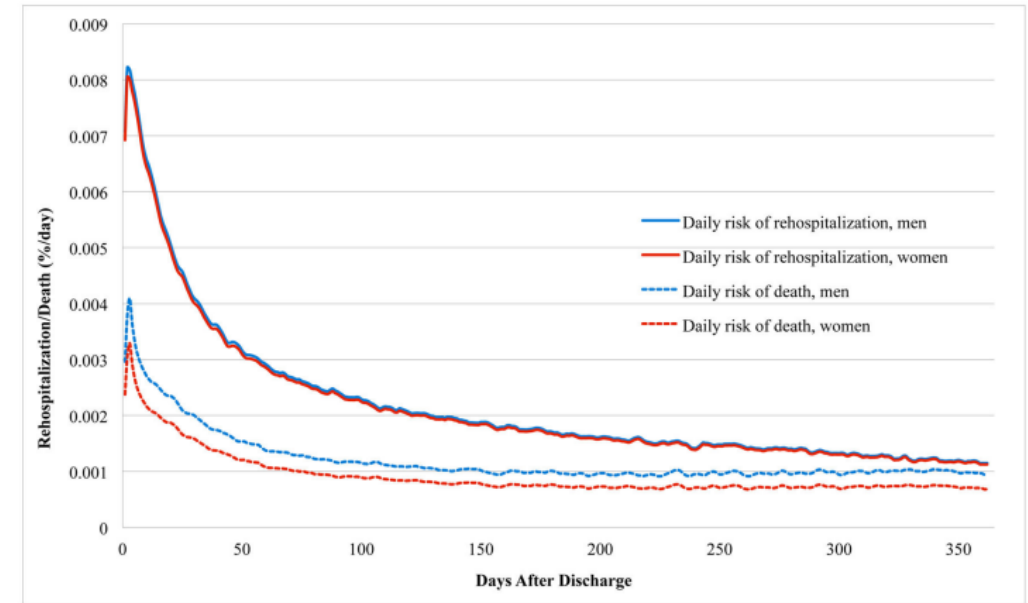


Figure 1. Daily risks of first rehospitalization and death by sex after hospitalization for HF, AMI, or pneumonia. Daily risk is described using hazard rates. We show daily risks for 1-year after hospitalization for HF, AMI, or pneumonia in panels 1-A, 1-B, and 1-C, respectively.

Die gleiche Erkrankung bedeutet biologisch nicht dasselbe – und produziert unterschiedliche Laborprofile.

Biomarker verhalten sich unterschiedlich

- Dynamik von Biomarkern ist geschlechtsabhängig

CRP:

Früherer Anstieg bei Frauen (ab 24 h) vs. Männer (ab 48 h)

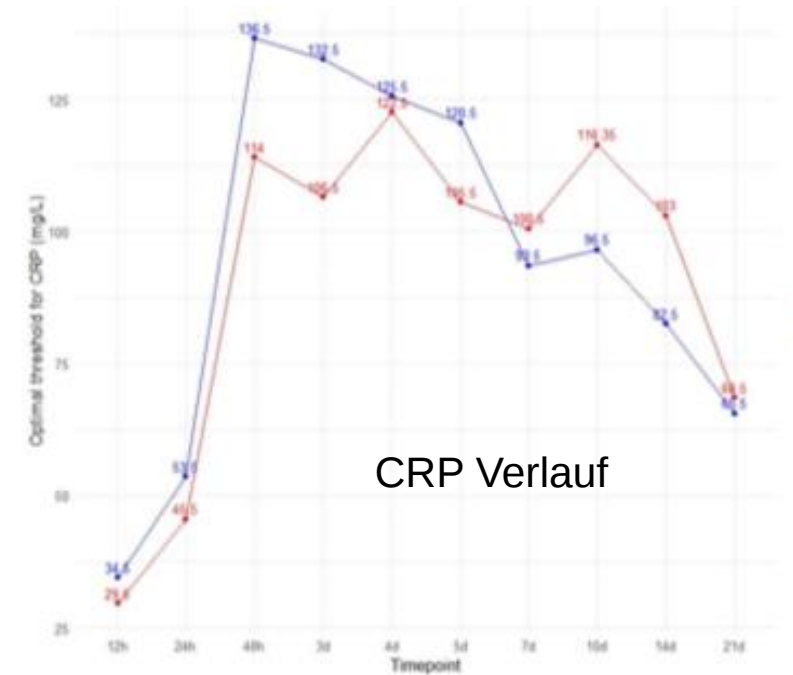
- Procalcitonin (PCT):

Diagnostische Trennschärfe v. a. bei Männern → Schwellenwert $\sim 1,55 \mu\text{g/l}$

- Leukozyten:

Zeitlich versetzte Dynamik (Männer früher)

Nicht nur der Wert zählt – sondern wann und bei wem er gemessen wird.



SOFA ist nicht vollständig geschlechtsneutral

Schweizer ICU-Analyse bei Sepsis/Septischem Schock (n = 5.078)

SOFA bei Aufnahme niedriger bei Frauen: Frauen $7,5 \pm 3,6$ vs. Männer $7,8 \pm 3,6$

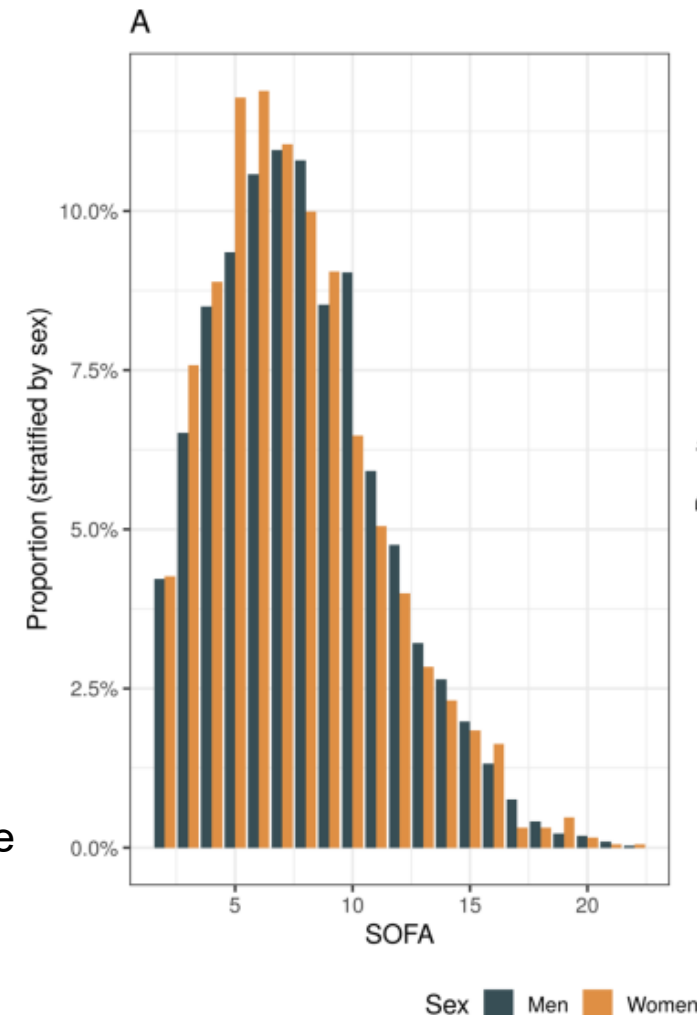
Unterschied stärker bei jüngeren Patient:innen: Frauen $7,1 \pm 4,0$ vs. Männer $8,1 \pm 4,2$

Treiber sind v. a. laborbasierte SOFA-Komponenten:

- Kreatinin : abhängig von Muskelmasse → Frauen oft niedrigere Ausgangswerte
- Bilirubin (Leber): geschlechtsspezifische Unterschiede im Metabolismus
- Thrombozyten (Gerinnung): physiologische Unterschiede in Baseline-Werten

Problem: einheitliche Grenzwerte im SOFA → keine geschlechtsspezifische Referenzbereiche

Gleichzeitig: keine Unterschiede in ICU-Mortalität oder LOS



Zimmermann T, Kaufmann P, Amacher SA, Sutter R, Loosen G, Merdji H, Helms J, Todorov A, Gebert P, Regitz-Zagrosek V, Gebhard C, Singer M, Siegemund M, Gebhard CE; Swiss ICU Trial group. Sex differences in the SOFA score of ICU patients with sepsis or septic shock: a nationwide analysis. Crit Care. 2024 Jun 27;28(1):209.

Insgesamt

- ◇ Männer: Höhere Anfälligkeit für bakterielle Infektionen
 Häufigere schwere Verläufe (z. B. Sepsis)
 Geringere Immunantwort auf bakterielle Erreger
- ◇ Frauen Höhere Sterblichkeit bei Sepsis (?)
 Stärkere Immunreaktion → Schutz vor einigen bakteriellen Infektionen
 Höhere Anfälligkeit für Harnwegsinfektionen und E. coli-

Blutstrominfektionen

Staphylococcus-aureus-Blutstrominfektion: Frauen mit höherer 30-Tage-Mortalität als Männer

Tuberkulose: Höhere Inzidenz bei Männern (WHO-Verhältnis 2:1 bis 4:1) → Einfluss von Rauchen, Alkohol & Umweltfaktoren

Unterschiedliche Erregerverteilung

➤ [J Hosp Infect. 2024 Oct 10:S0195-6701\(24\)00327-X. doi: 10.1016/j.jhin.2024.07.021.](#)

Online ahead of print.

Males are at Higher Risk for Colonizations and Infections with Multidrug Resistant Organisms than Females

Cathrin Kodde ¹, Marzia Bonsignore ², Juliane Köhler ³, Karin Schwegmann ⁴, Irit Nachtigall ⁵

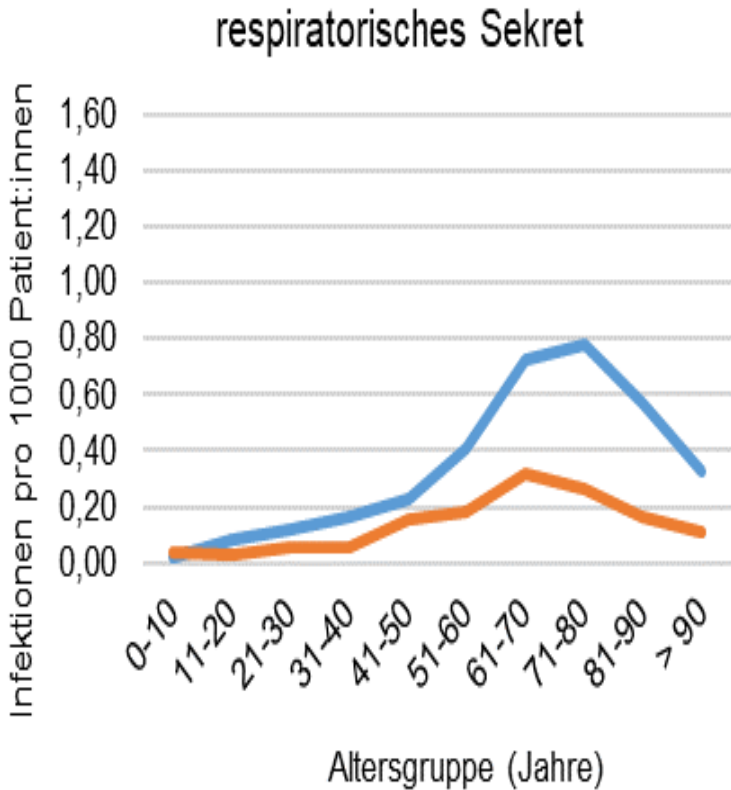
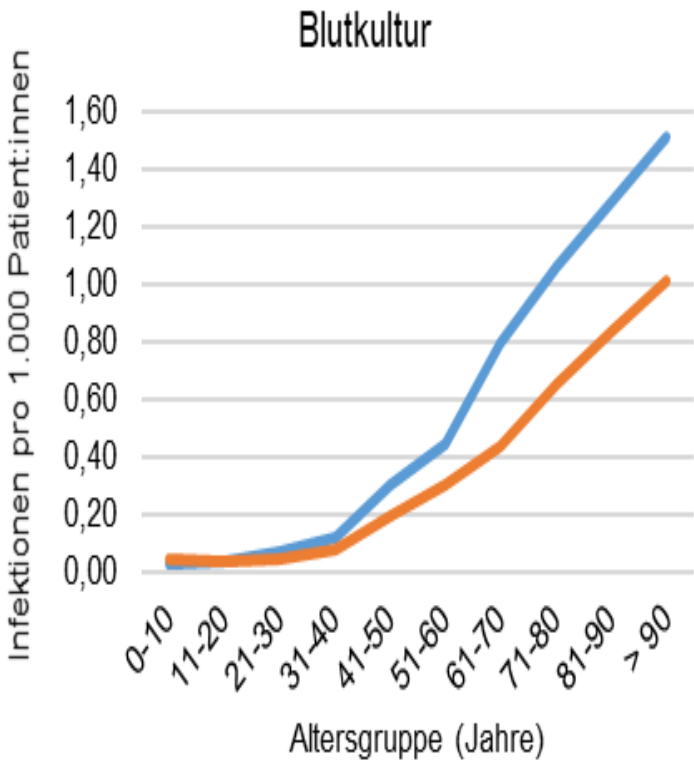
Affiliations + expand

PMID: 39395464 DOI: [10.1016/j.jhin.2024.07.021](#)

Abstract

Background: Global rise of multidrug-resistant organisms (MDRO) is alarming and antimicrobial resistance (AMR) poses a significant public health threat globally. Although certain risk factors are known including recent antimicrobial therapy, inappropriate use and hospitalization, the focus on gender-specific aspects in MDRO is scarce. Our aim was to show gender-specific differences in colonization and infections of multiple MDRO and their detection sites.

Mit deutlichen Unterschieden



Multidrug-resistant organisms	N	p- value
MRSA	85.063 (45.33%)	
Male	48.088 (1.403%)	p < .001
Female	36.975 1.012%)	
E. coli	41.632 (22.2%)	
Male	20.425 (0.596%)	p= .008
Female	21.207 (0.581%)	
VRE	31.767 (16.93%)	
Male	18.552 (0.541%)	p < .001
Female	13.215 (0.362%)	
Klebsiella spp.	12.804 (6.82%)	
Male	7.915 (0.231%)	p < .001
Female	4.889 (0.134%)	
Pseudomonas aeruginosa	7.687 (4.10%)	
Male	5.252 (0.153%)	p < .001
Female	2.435 (0.067%)	
Enterobacter spp.	3.651 (1.95%)	
Male	2.327 (0.068%)	p < .001
Female	1.324 (0.036)	
Acinetobacter baumannii	1.608 (0.86%)	
Male	943 (0.028%)	p < .001
Female	665 (0.018)	

Kodde C, Nachtigall I. Males are at Higher Risk for Colonizations and Infections with Multidrug Resistant Organisms than Females. J Hosp Infect. 2024 Oct 10:S0195-6701(24)00327-X. doi:

10.1016/j.jhin.2024.07.021. Epub ahead of print. PMID: 39395464.

Unterschiede bei invasiver Intensivtherapie

(n = 26.711) Männeranteil: 64,8 %

- Tracheotomie: 8,8 % vs. 7,0 % → OR 1,39 (1,26–1,54)
- ECMO: 1,1 % vs. 0,7 % → OR 1,37 (1,02–1,83)
- Dialyse: 12,1 % vs. 9,8 % → OR 1,29 (1,18–1,41)
- PAC: 1,9 % vs. 0,8 % → OR 1,81 (1,40–2,33)
- Beatmungsdauer: IRR 1,07 (1,02–1,12)
- ICU-Mortalität: 8,8 % vs. 8,7 % (kein Unterschied)

Mehr invasive Therapie bei Männern – Mortalität bleibt gleich

Hinweis auf unterschiedliche Entscheidungsprozesse, nicht auf schlechteres Outcome.

Gender-Unterschied in der Intensität der Therapie – keine

sie kann aber nicht klären, ob Männer über- oder Frauen untertherapiert werden.

Die Symptome variieren je nach Geschlecht.

- Unterschiede bedeuten, dass KI-Modelle, die auf vorwiegend männliche Daten trainiert wurden, Symptome bei Frauen übersehen oder falsch interpretieren können.
- Frauen beschreiben die Symptome möglicherweise subtiler oder konzentrieren sich auf allgemeine Gefühle (z. B. „benebelt“, „unwohl“), was die Diagnose verzögern kann.
- Männer neigen dazu, körperliche und messbare Symptome (z. B. Fieber, schnelle Herzfrequenz) direkter zu beschreiben.

Symptom	Men	Women
Fever	Often high fever, above 38°C (100.4°F)	Similar presentation with fever, but sometimes less pronounced or delayed onset
Chills/Shivering	Intense and frequent chills	Similar chills, but sometimes reported less frequently
Confusion/Disorientation	Men may experience sudden confusion, agitation, or delirium	Confusion and mental changes also common, but women may describe this as feeling “foggy”
Shortness of Breath	Rapid or shallow breathing is common	Women may report this, but can also experience a more generalized feeling of breathlessness
Rapid Heart Rate	Tachycardia (fast heart rate) often noticeable	Tachycardia may occur, but could be less emphasized in initial symptoms
Low Urine Output	Reduced urine production is a key sign	Similarly, reduced urine output, sometimes less frequently reported early on
Extreme Weakness	Profound fatigue and inability to move easily, often an early and intense symptom	Extreme weakness is often described, but may be mistaken for other conditions in women
Pale or Discolored Skin	Pale, mottled, or cold skin	Women may exhibit pale skin but also report more subtle discoloration or clammy feeling
Pain and Discomfort	Localized pain often around the site of infection	More likely to describe generalized pain or discomfort, not always localized
Nausea/Vomiting	Sometimes reported, though not as prominent	Nausea, vomiting, and gastrointestinal discomfort may be more frequent in women
Swelling	Local swelling around infection site may be noticed	Similar presentation, but may be described as generalized swelling rather than localized
Fatigue and Malaise	Fatigue may be reported, but men often focus on physical symptoms	Women may report fatigue and general unwellness more prominently

Ungleich behandelt

Aktuelle Studien

Multizentrische Studie:

- 1-Stunden-Bundle 13 % Frauen vs. 19,2 % Männer;
- Antibiotika 25,4 % vs. 31,6 %

Schweden-Kohorte:

- 1-Stunden-Bundle 30 % Frauen vs. 41,5 % Männer;
- schneller Antibiotika bei Männern

Sex Differences in in-Hospital Management in Patients With Sepsis and Septic Shock: A Prospective Multicenter Observational Study. Ahn S, Jin BY, Lee S, et al. Scientific Reports. 2024;14(1):4900.
Sex-Based Differences in ED Management of Critically Ill Patients With Sepsis: A Nationwide Cohort Study. Sundén-Cullberg J, Nilsson A, Inghammar M. Intensive Care Medicine. 2020;46(4):727-736.
The DISPARITY-II Study: Delays to Antibiotic Administration in Women With Severe Sepsis or Septic Shock. Madsen TE, Napoli AM. Academic Emergency Medicine : Official Journal of the Society for Academic Emergency Medicine. 2014;21(12):1499-502.

Geschlechtsspezifische Unterschiede im ED-Management bei Sepsis

Nationwide cohort study, Schweden, $n > 100.000$ kritisch kranke Sepsispatient*innen

•Frauen:

- Geringere Wahrscheinlichkeit, innerhalb der ersten Stunde Antibiotika zu erhalten
- Seltener Blutkulturen & diagnostische Maßnahmen
- Verzögerte Aufnahme auf Intensivstation

•Männer:

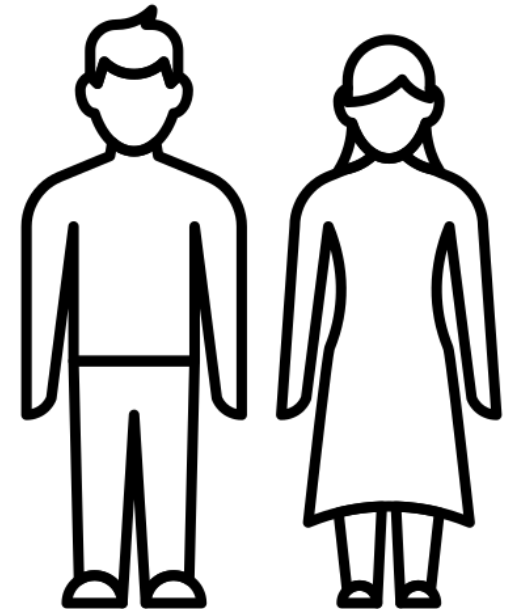
- Häufigere und schnellere Anwendung invasiver Maßnahmen
- Mehr frühe Antibiotikatherapie

Konsequenzen:

- 🚨 Verzögerungen in der Behandlung von Frauen → erhöhtes Mortalitätsrisiko
- 🔗 Bias & Unterschiede in der klinischen Präsentation könnten Ursachen sein

Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Sepsis-Behandlung

- Frauen seltener 1-Stunden-Bundle-Therapie als Männer (13,0 % vs. 19,2 %, $p < 0.001$).
 - Antibiotika seltener bei Frauen als bei Männern (25,4 % vs. 31,6 %, $p < 0.001$).
 - Frauen häufiger adäquate Flüssigkeitsgabe als Männer (96,8 % vs. 95,0 %, $p = 0.029$).
 - Blutdrucküberwachung mittels invasiver Arterienmessung seltener bei Frauen (76,0 % vs. 80,2 %, $p = 0.013$).
- ✂ Geringere Antibiotikagabe bei Frauen könnte zu verzögerter Behandlung und schlechteren Ergebnissen führen.
- Flüssigkeitsgabe erfolgt bei Frauen häufiger adäquat – möglicherweise aufgrund von Körpergewichtsunterschieden.
 - Die geschlechtsspezifische Ungleichbehandlung deutet auf unbewusste Bias in der klinischen Entscheidungsfindung hin.



DISPARITY-II Study – Verzögerte Antibiotikatherapie bei Frauen

Multicenter-Studie in US-Notaufnahmen, Patient*innen mit schwerer Sepsis / septischem Schock

•Frauen:

- Signifikant **längere Zeit bis zur Antibiotikagabe**
- Verzögerung unabhängig von Schweregrad und Komorbiditäten
- Erhöhtes Risiko für verzögerte guideline-adäquate Therapie

•Männer:

- Schnellere Umsetzung des 1-Stunden-Bundles
- Häufigere frühe Antibiotikagabe

Interpretation:

- 🚨 Geschlechtsspezifischer Bias in der Notaufnahme
- ! Verzögerte Antibiotikatherapie = zentrale Ursache für erhöhte Mortalität
- ➡ Dringender Bedarf an **geschlechtersensiblen Sepsis-Protokollen**

Madsen TE, Napoli AM. The DISPARITY-II Study: Delays to Antibiotic Administration in Women With Severe Sepsis or Septic Shock. Acad Emerg Med. 2014;21(12):1499–1502. doi:10.1111/acem.12554

Altersabhängigkeit

6.442 Sepsis-Patient:innen, Männer sterben insgesamt häufiger im Krankenhaus als Frauen → 30,0 % vs. 24,7 %

Aber: Das hängt stark vom Alter ab:

Junge Erwachsene (19–50 Jahre):

☞ Männer sterben seltener als Frauen

Mittleres Alter (50–80 Jahre):

☞ Männer sterben häufiger als Frauen

Sehr alte Patient:innen (≥80 Jahre):

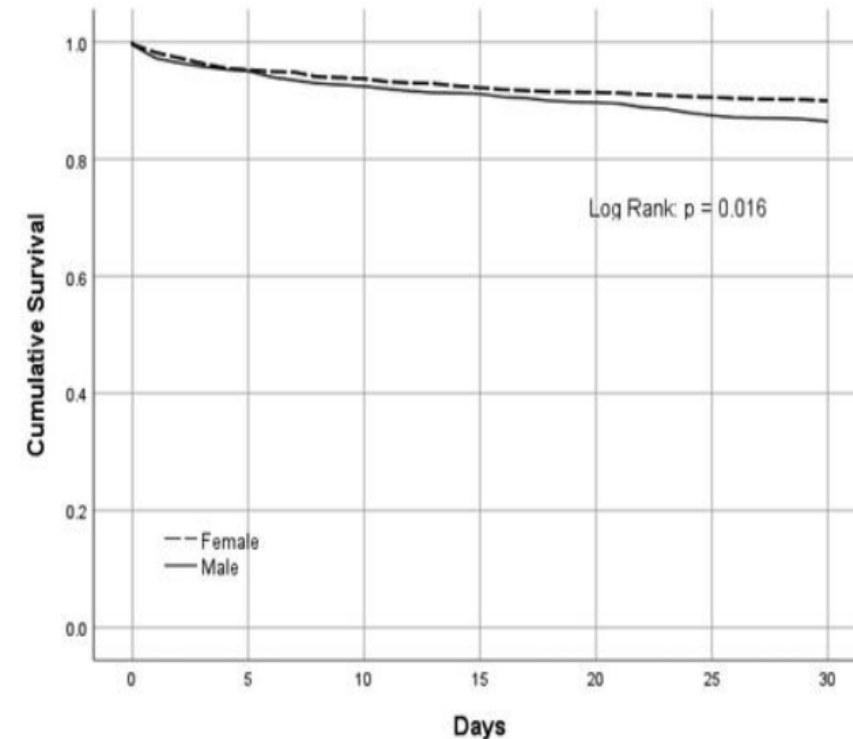
☞ kein klarer Unterschied mehr

➡ *Der Einfluss von Geschlecht auf die Sepsis-Sterblichkeit ist altersabhängig*

Sepsis in der Notaufnahme

- Frauen hatten weniger Komorbiditäten, geringere Krankheitsschwere, seltener Thrombozytopenie und Fieber und häufiger Harnwegsinfektionen
- Frauen hatten im Vergleich zu Männern eine niedrigere In-Hospital- und 30-Tage-Mortalität
- Geschlecht war kein unabhängiger Prädiktor für die 30-Tage-Mortalität.
- Die niedrigere Sterblichkeit bei Frauen möglicherweise durch Unterschiede in Komorbidität und der klinischen Präsentation

Figure 1. Kaplan–Meier’s survival curves for 30-days survival stratified by sex.

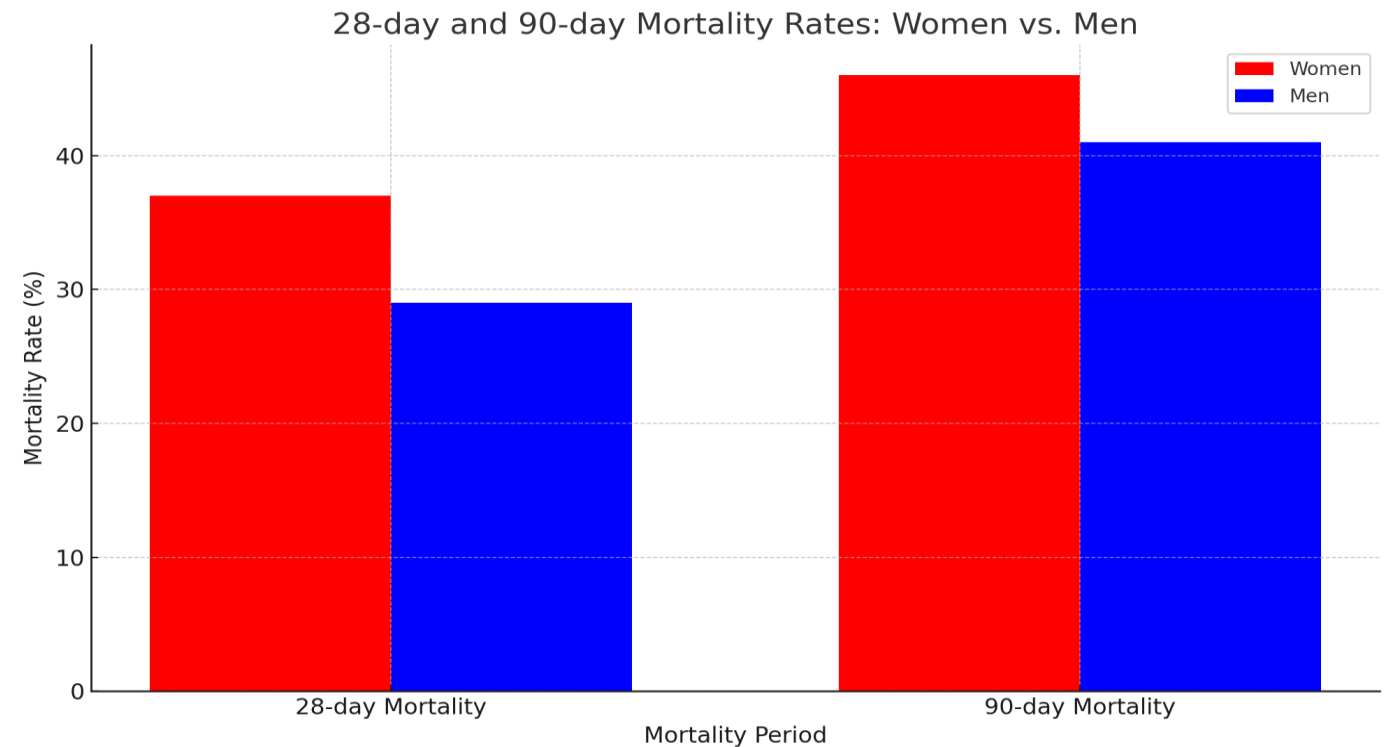
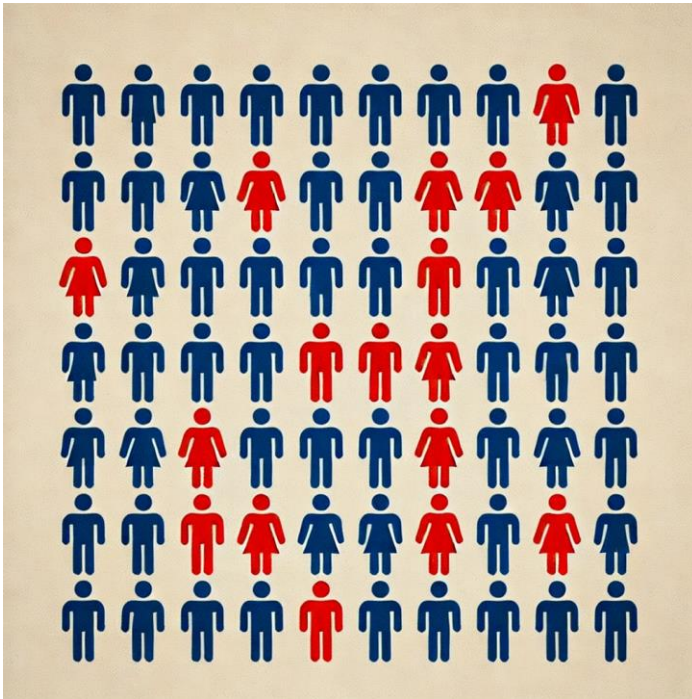


Geschlechtsspezifischen Unterschiede bei der Sepsis

Eine Kohorte von 1448 septischen Patienten

525 Frauen und 923 Männer mit Sepsis auf der Intensivstation

Sterblichkeit (28 / 90 Tage) Frauen 37%/ 46% versus Männer 29%/41 %



Und die neueste Metaanalyse sagt nun wieder ...

- Sepsis ist häufiger bei Männern als bei Frauen (1,3-faches Risiko).
- Männer haben längere Krankenhausaufenthalte, höhere ICU-Sterblichkeit und ein erhöhtes Risiko für Rehospitalisierung innerhalb eines Jahres.

Bakterielle Infektionsquellen unterscheiden sich:

- Männer: häufiger Magen-Darm-, Lungen- und Hautinfektionen.
- Frauen: häufiger Harnwegsinfektionen.
- ✎ Sepsis-Therapie sollte geschlechtsspezifisch angepasst werden im Hinblick auf Immunmodulation und Hormoneinfluss.

Geschlecht & Alter bei Sepsis (DE-weit, AOK)

n = 159.684

Krankenhausmortalität: 26,4 % Frauen vs. 27,6 % Männer → -2,8 %-Pkt. (adjustiert)

12-Monats-Mortalität: → -5,4 %-Pkt. für Frauen (adjustiert)

Überlebensvorteil für Frauen ab ~45 Jahren

ICU-Behandlung: 29,7 % Frauen vs. 37,9 % Männer

- Frauen überleben häufiger – besonders im höheren Alter
- Haben – insbesondere ab mittlerem Lebensalter – eine geringere Kurz- und Langzeitmortalität nach Sepsis
- Obwohl Männer häufiger intensiv und invasiv behandelt werden

Langzeitfolgen von Sepsis

-  ****Frauen:****
- Höheres Risiko für posttraumatische Belastungsstörung (PTBS)
- Erhöhte Fatigue-Raten, anhaltende Erschöpfung
- Stärkere kognitive Einschränkungen nach Sepsis
- Chronische Schmerzen häufiger und intensiver

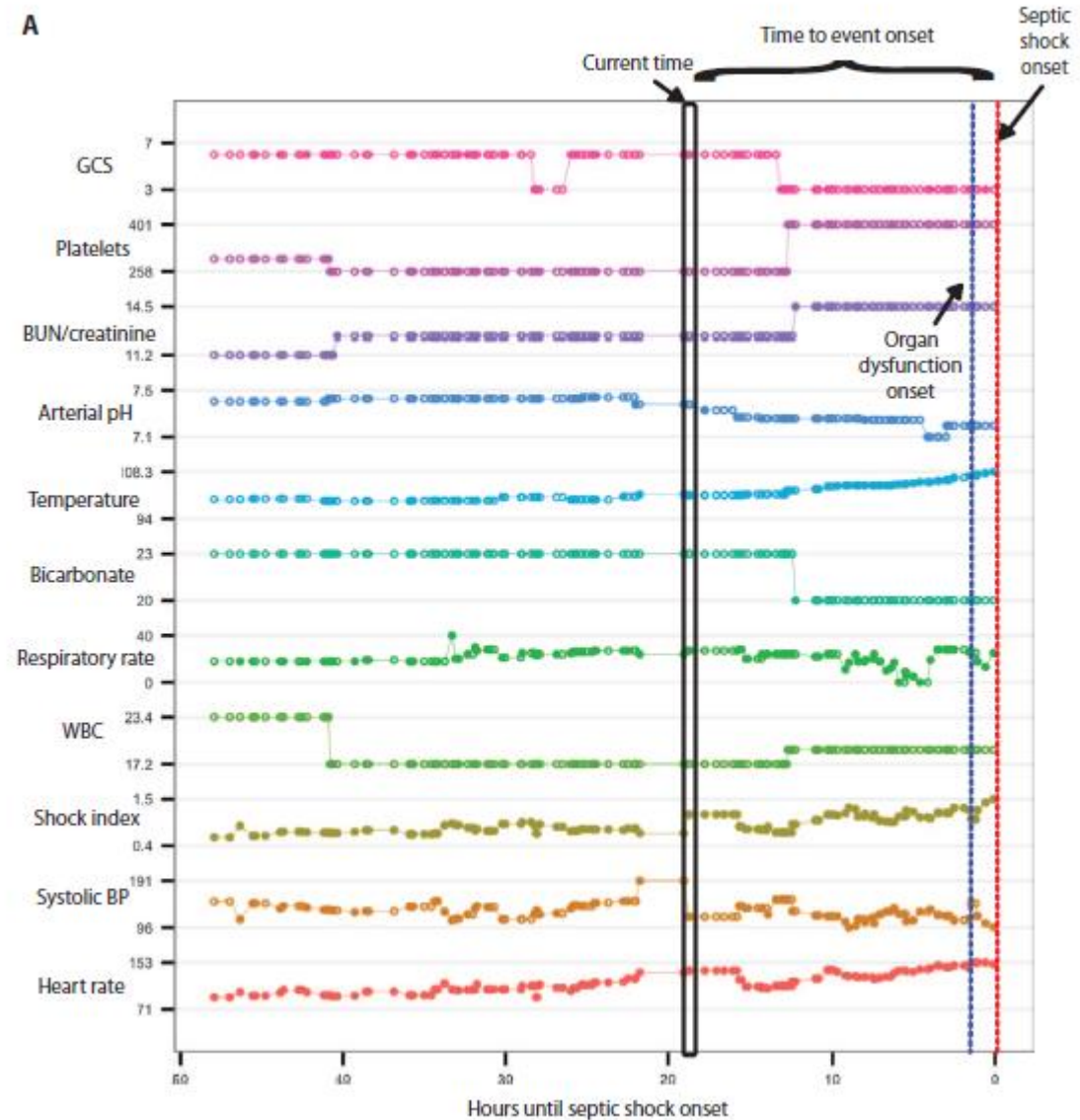
****Männer:****

- Geringeres Risiko für PTBS, aber häufig Depressionen
- Muskelabbau und motorische Einschränkungen stärker ausgeprägt
- Weniger ausgeprägte Fatigue, aber häufigere Herz-Kreislauf-Probleme

AI in Sepsis Forschung

- KI wird zunehmend zur Vorhersage und Erkennung von Sepsis anhand von Patientendaten eingesetzt,
- Eine Herausforderung ist die geschlechtsspezifische Voreingenommenheit
- KI-Modelle schneiden aufgrund von verzerrten Trainingsdaten bei Männern und Frauen möglicherweise nicht gleich gut ab.

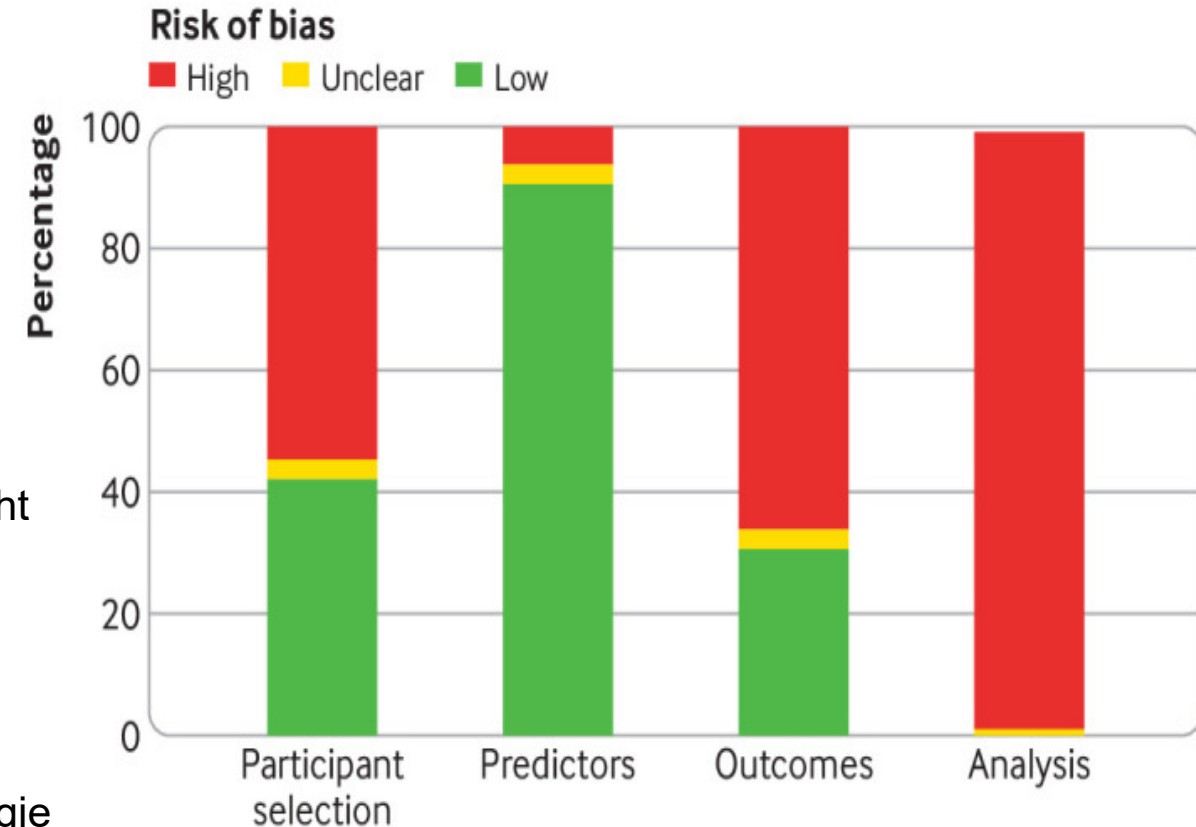
Überlegen Sie einmal, welche dieser Daten bei Frauen anders sind.



Frühwarnsysteme sind nicht neutral

- Frühwarnsysteme berücksichtigen Geschlecht kaum
- Klassische Scores (NEWS, MEWS, qSOFA):
 - kein Geschlecht als Variable
- Systematische Übersicht:
 - nur 9 % (3/34) der Modelle berücksichtigen Geschlecht
 - Alter dagegen in 38 % enthalten
- Gleichzeitig basieren Scores auf
 - Vitalparametern mit geschlechtsspezifischer Physiologie

Zusätzlich: → viele Scores mit methodischen Schwächen und Bias-Risiko



Bias in Machine Learning

ML-Modelle zeigen: → höhere Unterdiagnoserate bei Frauen

Ursache: → niedrigere Inzidenz + verzerrte Trainingsdaten

Performance variiert zwischen Subgruppen → trotz ähnlicher Gesamt-AUROC

Proprietäre Modelle (z. B. Deterioration Index):

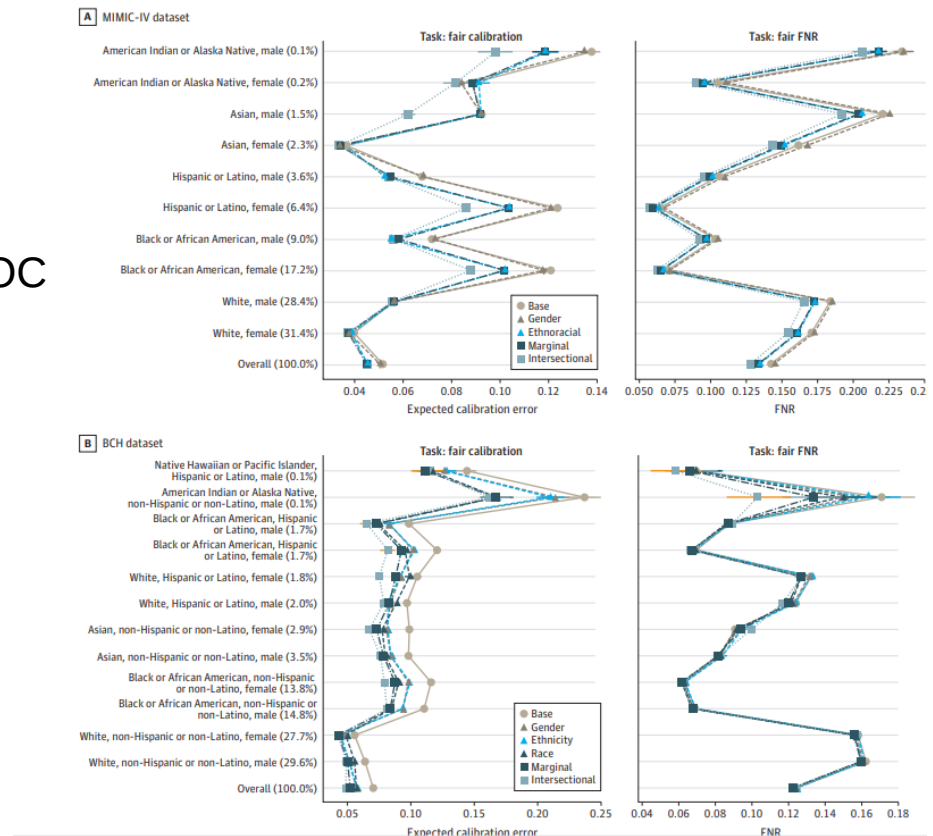
→ unterschiedliche Performance je nach Subgruppe

- Verbesserung möglich durch:

- intersektionale Modelle (Geschlecht × Ethnizität)

- bessere Kalibrierung und weniger Fehlklassifikation

Figure 3. Model Performance on Each Intersectional Position According to Dataset and Fairness Consideration, Demarcated by Scenario



Byrd TF 4th, Southwell B, Ravishankar A, Tran T, Kc A, Phelan T, Melton-Meaux GB, Usher MG, Scheppmann D, Switzer S, Simon G, Tignaneli CJ. Validation of a Proprietary Deterioration Index Model and Performance in Hospitalized Adults. JAMA Netw Open. 2023 Jul 3;6(7):e2324176.

Cabanillas Silva P, Sun H, Rodriguez-Brazzarola P, Rezk M, Zhang X, Fliegenschmidt J, Hulde N, von Dossow V, Meesseman L, Depraetere K, Szymanowski R, Stieg J, Dahlweid FM. Evaluating gender bias in ML-based clinical risk prediction models: A study on multiple use cases at different hospitals. J Biomed Inform. 2024 Sep;157:104692.

Lett E, Shahbandegan S, Barak-Corren Y, Fine AM, La Cava WG. Intersectional and Marginal Debiasing in Prediction Models for Emergency Admissions. JAMA Netw Open. 2025 May 1;8(5):e2512947.

Wenn AI für die Zeit vor der Entnahme einer Blutkultur trainiert wird

Patient:innen vom 01.01.2020 bis 31.12.2023:

(in-hospital and outpatients)

Women 1.597.131

Men 1.381.988

Blutkulturen

51.614

67.700

Sepsis-Diagnose

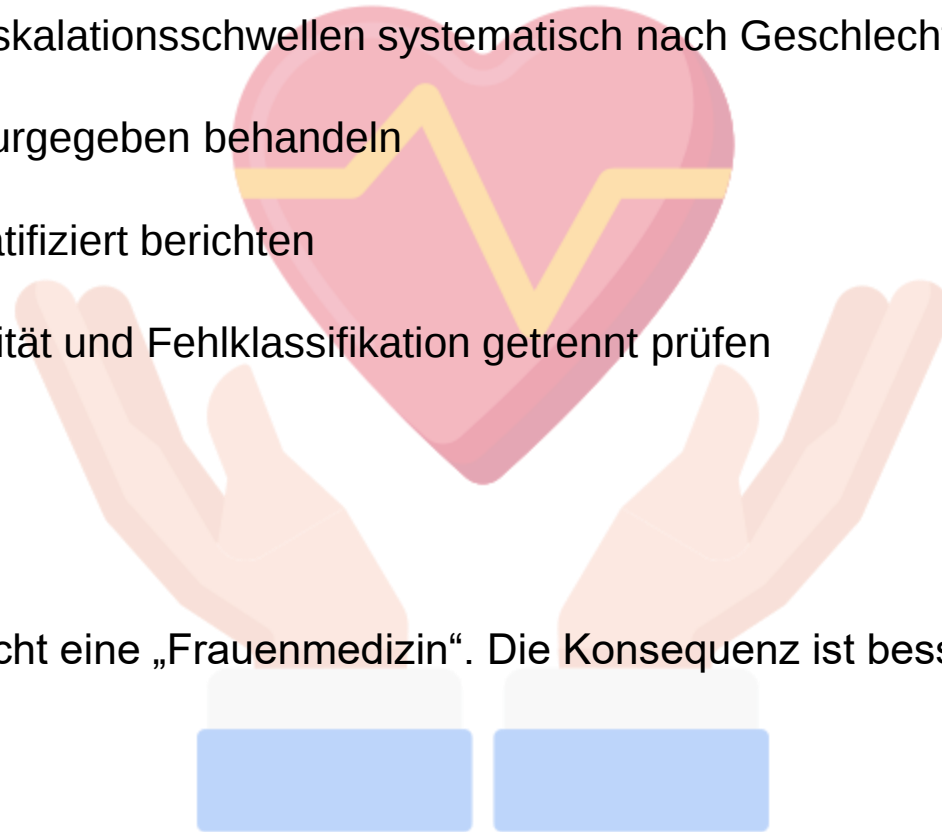
8.956

12.564



Was muss sich ändern?

- Aufnahmeentscheidungen und Eskalationsschwellen systematisch nach Geschlecht prüfen
- Scores und Cut-offs nicht als naturgegeben behandeln
- Outcomes immer geschlechtsstratifiziert berichten
- KI-Modelle auf Fairness, Sensitivität und Fehlklassifikation getrennt prüfen
- Nachsorge differenzierter denken



Die Konsequenz ist nicht eine „Frauenmedizin“. Die Konsequenz ist bessere, präzisere Medizin.

Merdji H, Long MT, Ostermann M, Herridge M, Myatra SN, De Rosa S, Metaxa V, Kotfis K, Robba C, De Jong A, Helms J, Gebhard CE. Sex and gender differences in intensive care medicine. *Intensive Care Med.* 2023 Oct;49(10):1155-1167. Cabanillas Silva P, Sun H, Rodriguez-Brazzarola P, Rezk M, Zhang X, Fliegenschmidt J, Hulde N, von Dossow V, Meesseman L, Depraetere K, Szymanowsky R, Stieg J, Dahlweid FM. Evaluating gender bias in ML-based clinical risk prediction models: A study on multiple use cases at different hospitals. *J Biomed Inform.* 2024 Sep;157:104692. Hägglöf E, Eriksson J, Bell M, Hallqvist L, Engerström L, Larsson E. Age-related sex differences in intensive care treatment and outcomes: a nationwide cohort study. *Br J Anaesth.* 2026 Apr;136(4):1217-1225.

An aerial photograph of Berlin, Germany, showing the Spree river, the Fernsehturm (TV Tower), and various city buildings under a clear blue sky. The river flows from the bottom left towards the center, with a large cargo ship visible. The city skyline is dense with buildings of various architectural styles, including historic domes and modern skyscrapers.

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Ansprechpartner*in:
Prof. Dr. Irit Nachtigall
Irit.nachtigall@vivantes.de