

Paediatr. Paedolog.

<https://doi.org/10.1007/s00608-026-01371-8>

Eingegangen: 6. März 2026

Angenommen: 9. März 2026

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an
Springer-Verlag GmbH Austria, ein Teil von
Springer Nature 2026



Ekkrine Schweißsammlung – ein innovativer Ansatz zum Verständnis und zur Prävention von Adipositas im Kindesalter

Paula Moliterno¹ · Samuel Meier-Menches^{2,3,4} · Kurt Widhalm^{1,5,6}¹ Österreichisches Akademisches Institut für Ernährungsmedizin, Wien, Österreich² Institut für Analytische Chemie, Universität Wien, Wien, Österreich³ Institut für Anorganische Chemie, Universität Wien, Wien, Österreich⁴ Joint Metabolome Facility, Medizinische Universität Wien, Wien, Österreich⁵ Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde, Medizinische Universität Wien, Wien, Österreich⁶ Medizinische Universität Wien, Wien, Österreich

Zusammenfassung

Die Metabolomik des ekrinen Schweißes bietet ein nichtinvasives Fenster in metabolische und lebensstilbedingte Veränderungen [1–3], die für die Prävention von Adipositas im Kindesalter relevant sind. Eine aktuelle Machbarkeitsstudie [4] unter der Leitung von Prof. Samuel M. Meier-Menches und Prof. Kurt Widhalm erfasste Metabolitenverläufe während einer zweijährigen schulbasierten Intervention bei Wiener Kindern.

Schlüsselwörter

Ekkriener Schweiß · Fingerspitzen · Adipositas · Vorsorge · Kinder · Nicht-invasiv · Ernährungsaufklärung

Originalpublikation

Wolf M, Wasinger D, Donhauser V, Moliterno P, Keppler BK, Gerner C, Widhalm K, Meier-Menches SM. Eccrine sweat reveals normalization of artificial sweetener levels in children with overweight after nutritional education. *iScience*. 2025 Oct 11;28(11):113736. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.113736>.

gebettete Studie untersuchte, ob ekkriener Schweiß von den Fingerspitzen metabolische Marker liefern kann, die den Gewichtsstatus unterscheiden und metabolische Reaktionen auf eine duale Intervention aus Ernährungserziehung und erhöhter körperlicher Aktivität bei Schulkindern abbilden.

Daten- und Codeverfügbarkeitsstatement.

Alle in dieser Arbeit berichteten Daten sind auf Anfrage vom korrespondierenden Autor erhältlich. Diese Arbeit enthält keine originalen Codes. Alle zusätzlichen Informationen, die zur Reanalyse der in dieser Arbeit berichteten Daten erforderlich sind, sind auf Anfrage vom korrespondierenden Autor erhältlich. Rohdaten sind öffentlich im MassIVE-Datenrepository unter der Datensatz-ID MSV000098910 zugänglich (<https://doi.org/10.25345/C55Q4S029>).



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Hintergrund und Zielsetzung

Übergewicht und Adipositas im Kindesalter stellen nach wie vor zentrale Herausforderungen für die öffentliche Gesundheit dar und werden üblicherweise mittels Anthropometrie oder Blutproben überwacht, wobei Letztere invasiv und in pädiatrischen Umgebungen oft schwierig durchzuführen sind. Diese im EDDY-Programm („Effect of sports and Diet training to prevent obesity and secondary Diseases and to influence Young children’s lifestyle“; [5]) ein-

Methoden und Studiendesign

54 Schüler:innen (7–10 Jahre, 20% mit Übergewicht/Adipositas) einer Interventionschule in Wien nahmen an einem zweijährigen Programm teil, das strukturierte körperliche Aktivität und altersgerechte Ernährungserziehung in den Lehrplan integrierte [5]. Ekkriener Schweiß wurde nichtinvasiv von den Fingerspitzen zu Beginn (t1), nach einem Schuljahr (t2) und nach dem zweiten Schuljahr (t3) gesammelt, während der Body Mass Index (BMI) zu t1 und t3 gemessen wurde. Insgesamt wurden 134

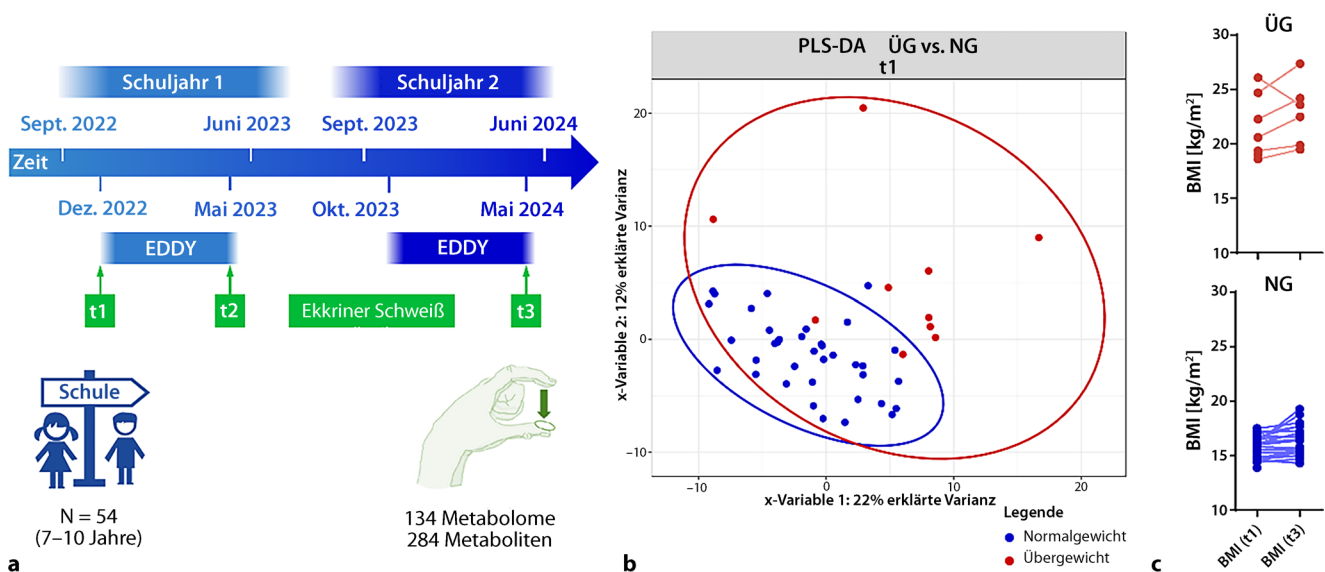


Abb. 1 ▲ Ekkriener Schweiß wurde im Rahmen einer zweijährigen dualen Intervention, basierend auf dem EDDY-Programm, von Schulkindern (7–10 Jahre) gesammelt. **a** Zeitlicher Ablauf der EDDY-Intervention. Ekkriener Schweiß wurde zu Beginn der Studie (t1), am Ende der 3. Klasse (t2) sowie nach Abschluss der Intervention am Ende der 4. Klasse (t3) gesammelt. Insgesamt wurden 284 Metaboliten in 134 aufgenommenen Schweißmetabolomen von 54 Kindern annotiert. **b** Die 284 Metaboliten wurden für eine Partial-least-squares-Diskriminanzanalyse (PLS-DA) aller verfügbaren Teilnehmenden zu Studienbeginn (t1) entsprechend normalgewichtiger (NG, $n = 37$) und übergewichtiger (ÜG, $n = 10$) Kinder verwendet. **c** Bestimmungen des individuellen BMI zu Studienbeginn (t1) und nach Abschluss der Intervention (t3) entsprechend normalgewichtiger (NG, $n = 22$) und übergewichtiger (ÜG, $n = 7$) Kinder. Die Veränderungen von t1 zu t3 unterschieden sich statistisch nicht signifikant (ungepaarter t-Test mit Welch-Korrektur; p -Wert [NG] = 0,07; p -Wert [ÜG] = 0,44). PLS-DA Partial Least Squares Discriminant Analysis. BMI Body Mass Index. OW Overweight/Übergewicht. NW Normal weight/Normalgewicht

Schweißproben gewonnen, mit vollständigen Probensätzen für 31 Kinder (Rücklaufquote 57 %). Die Proben wurden durch festes Andrücken des Daumens sowie des Zeige- und Mittelfingers der nichtdominanten Hand (Abb. 1a) auf ein vorbefeuchtetes Substrat gesammelt, extrahiert, mittels LC-MS/MS analysiert und über eine standardisierte Pipeline (MZmine, SIRIUS, R-Pakete, u. a. limma und mixOmics; [2]) ausgewertet, was zur Annotation von 284 Metaboliten führte. Eine „partial least squares discriminant analysis“ (PLS-DA) der Schweißmetabolome der Kinder mit Normalgewicht ($n = 37$) und Übergewicht ($n = 10$) zu Beginn (t1) zeigte eine partielle Trennung der beiden Gruppen (Abb. 1b).

Zentrale Ergebnisse

Die PLS-DA der Basis-Schweißmetabolome zeigte eine partielle Trennung zwischen Kindern mit Normalgewicht ($n = 37$) und Übergewicht ($n = 10$), was auf eine begrenzte metabolische Veränderung in dieser ansonsten gesunden Kohorte hinweist. Zu den wichtigsten Beiträgern der Gruppentrennung gehörte das nichtkalo-

rische Süßungsmittel Cyclamat, das bei Kindern mit Übergewicht zu Studienbeginn signifikant erhöht war und innerhalb dieser Gruppe stark positiv mit dem BMI korrelierte ($R^2 = 0,71$). Im Verlauf der zweijährigen EDDY-Intervention [5] verringerte sich die Cyclamat-Konzentration im ekkrienen Schweiß der Kinder mit Übergewicht schrittweise auf Werte vergleichbar zu ihren normalgewichtigen Peers, während sich der BMI in keiner Gruppe signifikant änderte (Abb. 1c). Dies legt nahe, dass der Schweiß-Cyclamatspiegel Verhaltensänderungen beim Konsum von gesüßten Getränken und verarbeiteten Lebensmitteln widerspiegeln könnte, die in der Anthropometrie nicht erfasst wurden. Acesulfam, ein weiteres häufig verwendetes Süßungsmittel [6], zeigte ein ähnliches, wenn auch weniger ausgeprägtes Muster. Dies unterstützt die Interpretation eines reduzierten Konsums künstlich gesüßter Produkte im Zuge der Ernährungserziehung, die Zutatenkenntnis und die Reduktion zuckerhaltiger – sowohl regulärer als auch „Light“-Getränke – zugunsten von Wasser betonte [4].

N-Acetyl-Histidin, überwiegend mikrobiellen Ursprungs, nahm im Verlauf der Studie in der Übergewichtsgruppe zu.

Mikrobiombezogene Metaboliten und mechanistische Erkenntnisse

Neben exogenen Süßstoffen zeigten mehrere endogene, mikrobiombezogene Metaboliten gewichtsstatusabhängige Verläufe über die Zeit. *p*-Kresolsulfat, ein urämisches Toxin, das in Tiermodellen mit Insulinresistenz in Verbindung gebracht wurde [7], blieb bei Kindern mit Übergewicht während der gesamten Studie erhöht, was auf Unterschiede in der Proteinzufuhr oder der Darmmikrobenmetabolisierung hindeuten könnte. *N*-Acetyl-Histidin, überwiegend mikrobiellen Ursprungs, nahm im Verlauf der Studie in der Übergewichtsgruppe zu, während freies Histidin unverändert blieb. Acetyl-Carnitin, eine Verbindung, die durch die Darmmikrobiota metabolisiert wird [8], war nach Abschluss der Intervention bei Kindern mit Übergewicht reduziert. Dies deutet auf dynamische Interaktio-

nen zwischen Ernährung, Darmmikrobiota und systemischem Stoffwechsel hin, die sich im Schweiß widerspiegeln. Die Herausforderung bei der Interpretation von Fingerschweißdaten wird durch unseren jüngsten Befund unterstrichen, dass zeitliche Dynamiken von Metaboliten im interstitiumsabgeleiteten ekkrinen Schweiß deutlich von jenen derselben Metaboliten im Blutplasma abweichen können – vermutlich bedingt durch Kompartimentierungseffekte [9].

Die Schweißmetabolomik kann frühe verhaltensbedingte oder metabolische Reaktionen auf Lebensstilinterventionen erfassen.

Interpretation, Limitationen und Implikationen

Diese Daten zeigen, dass die Metabotypisierung ekkrinen Schweißes von Fingerspitzen in Grundschulumgebungen praktikabel ist, gute Compliance erzielt und reichhaltige molekulare Informationen sowohl zu lebensstilassoziierten Expositionen als auch zu endogenen Stoffwechselwegen liefert, die für Übergewicht im Kindesalter relevant sind. Die Normalisierung der Cyclamat-Spiegel bei Kindern mit Übergewicht – trotz ausbleibender signifikanter BMI-Änderung – deutet darauf hin, dass die Schweißmetabolomik frühe verhaltensbedingte oder metabolische Reaktionen auf Lebensstilinterventionen erfassen kann, die anthropometrischen Verbesserungen zeitlich vorausgehen. Die Interpretation wird jedoch durch die begrenzte Stichprobengröße, unvollständiges Wissen über die Physiologie der Schweißdrüsen und den Metabolitentransport, potenzielle Oberflächenkontaminationen sowie Variabilität in der schulbasierten Erhebung eingeschränkt. Diese Aspekte erfordern größere, methodisch weiterentwickelte Studien. Insgesamt positioniert diese Arbeit die nichtinvasive Schweißmetabolomik als vielversprechendes Instrument zur Überwachung metabolischer Signaturen und Lebensstiländerungen in Programmen zur Prävention von Adipositas im Kindesalter und mit potenzieller Anwendbarkeit in weiteren querschnittlichen und longitudinalen pädiatrischen Studien.

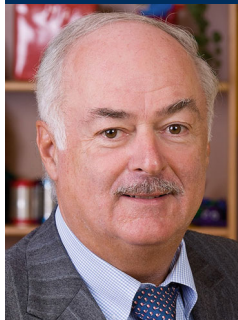
Eccrine Sweat Collection: An Innovative Approach to Understanding and Preventing Childhood Obesity

The metabolomics of eccrine sweat provides a non-invasive window into metabolic and lifestyle-related changes [1–3] that are relevant for the prevention of childhood obesity. A recent feasibility study [4] led by Prof. Samuel M. Meier-Menches and Prof. Kurt Widhalm recorded metabolite profiles during a 2-year school-based intervention in Viennese children.

Keywords

Eccrine sweat · Fingertips · Obesity · Prevention · Children · Non-invasive · Nutrition education

Korrespondenzadresse



© ÖAIE; citronenrot.at

Prof. Dr. Kurt Widhalm

Österreichisches Akademisches Institut für Ernährungsmedizin
Alser Straße 14/4a, 1090 Wien, Österreich
widhalm@oeaie.org

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. P. Moliterno, S. Meier-Menches und K. Widhalm geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Die ethische Genehmigung wurde von der Ethikkommission der Sigmund Freud Universität, Wien, Österreich, eingeholt (PAFGRW90@EFQV885378, 15. Nov. 2016).

Literatur

1. Yang DS, Ghaffari R, Rogers JA (2023) Sweat as a diagnostic biofluid. *Science* 379(6634):760–761. <https://doi.org/10.1126/science.abq5916>
2. Brunmair J, Gotsmy M, Niederstaetter L, Neuditschko B, Bileck A, Slany A, Feuerstein M-L, Langbauer C, Janker L, Zanghellini J, Meier-Menches S, Gerner C (2021) Finger sweat analysis enables short interval metabolic biomonitoring in humans. *Nat Commun* 12(1):5993. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26245-4>
3. Brunmair J, Bileck A, Stimpfl T, Raible F, Del Favero G, Meier-Menches SM, Gerner C (2021) Metabo-tip: a metabolomics platform for lifestyle monitoring supporting the development of novel strategies in predictive, preventive and personalised medicine. *EPMA J* 12(2):141–153. <https://doi.org/10.1007/s13167-021-00241-6>

4. Wolf M, Wasinger D, Donhauser V, Moliterno P, Keppler BK, Gerner C, Widhalm K, Meier-Menches SM (2025) Eccrine sweat reveals normalization of artificial sweetener levels in children with overweight after nutritional education. *iScience* 28(11):113736. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.113736>
5. Neidenbach R, Haumer C, Ritter H, Nowak J, Völker A, Franceschini S, et al. Exercise and nutrition intervention in primary school children for the prevention of overweight and obesity – results of the viennese EDDY prevention project. *Monatsschr Kinderheilkd*. 2025 Sep 1;1–10.
6. World Health Organization (2023) Use of non-sugar sweeteners: WHO guideline. World Health Organization, Geneva
7. Koppe L, Pillon NJ, Vella RE, Croze ML, Pelletier CC, Chambert S, Massy Z, Glorieux G, Vanholder R, Dugenet Y, Soula HA, Fouque D, Soulage CO (2013) p-Cresyl sulfate promotes insulin resistance associated with CKD. *J Am Soc Nephrol* 24(1):88–99. <https://doi.org/10.1681/ASN.2012050503>
8. Koeth RA, Wang Z, Levison BS, Buffa JA, Org E, Sheehy BT, Britt EB, Fu X, Wu Y, Li L, Smith JD, DiDonato JA, Chen J, Li H, Wu GD, Lewis JD, Warrier M, Brown JM, Krauss RM, Tang WH, Bushman FD, Lusis AJ, Hazen SL (2013) Intestinal microbiota metabolism of L-carnitine, a nutrient in red meat, promotes atherosclerosis. *Nat Med* 19(5):576–585. <https://doi.org/10.1038/nm.3145>
9. Bolliger M, Wasinger D, Brunmair J, Hagn G, Wolf M, Preindl K, Reiter B, Bileck A, Gerner C, Fitzal F, Meier-Menches SM (2025) Mass spectrometry-based analysis of eccrine sweat supports predictive, preventive and personalised medicine in a cohort of breast cancer patients in Austria. *EPMA J* 16(1):165–182. <https://doi.org/10.1007/s13167-025-00396-6>

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.