

Franz J. Schneider:

Zur Bedeutung der Ernährung für das Gehirn als „Generator und Rezeptor“ im (Leistungs-)Sport

Teil 3: Die Makronährstoffe und ihre Bedeutung für Struktur und Funktion des Gehirns – Kohlenhydrate

Literatur

- Albers, R. W., Siegel, G. J. (1999). Membrane Transport. In G.J. Siegel, B.W. Agranoff, R.W. Albers, S.K. Fisher & M.D. Uhler (eds.), *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects* (pp. 95-118). Philadelphia: Lippincott-Raven.
- Beatty, J. (2001). *The Human Brain. Essentials of Behavioral Neuroscience*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Biesalski, H. K. (1999). Kohlenhydrate. In H. K. Biesalski, P. Fürst, H. Kasper, R. Kluthe, W. Pörlert, C. Puchstein & H.B. Stähelin (Hrsg.), *Ernährungsmedizin* (S. 60-68). Stuttgart: Thieme.
- Biesalski, H. K., Fürst, P., Kasper, H., Kluthe, R., Pörlert, W., Puchstein, C. & Stähelin, H. B. (Hrsg.) (1999), *Ernährungsmedizin*. Stuttgart: Thieme.
- Binder, F. & Wahler, J. (1989). *Zucker*. München: Heyne.
- Boutton, T. W., Lynott, M. J. & Bumsted, M. P. (1991). Stable carbon isotopes and the study of prehistoric diet. *Critical review in food science and nutrition*, 30 (4), 373-385.
- Brand-Miller, J. & Wolever, T. M. S. (2003). *The New Glucose Revolution: The Authoritative Guide to the Glycemic Index*. New York: Marlowe & Company.
- Broadhurst, C. L., Cunnane, S. C. & Crawford, M. A. (1998). Rift Valley lake fish and shellfish provided brain-specific nutrition for early Homo. *The British journal of nutrition*, 79 (1), 3-21.
- Burke, L. (2000). Preparation for competition. In L. Burke & V. Deakin (eds.), *Clinical Sports Nutrition* (pp. 341-368). Roseville: McGraw-Hill Book Company Australia.
- Burke, L. & Deakin, V. (Eds.) (2000). *Clinical Sports Nutrition*. Roseville: McGraw-Hill Book Company Australia.
- Butterworth, R. F. (1999). Metabolic Encephalopathies. In G.J. Siegel, B.W. Agranoff, R.W. Albers, S.K. Fisher & M.D. Uhler (eds.), *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects* (pp. 769-782). Philadelphia: Lippincott-Raven.
- Churchill, L., Cotman, C., Banker, G., Kelly, P. & Shannon, L. (1976). Carbohydrate composition of central nervous system synapses. Analysis of isolated synaptic junctional complexes and postsynaptic densities. *Biochimica et biophysica acta*, 448 (1), 57-72.
- Clarke D. D. & Sokoloff, L. (1999). Circulation and Energy Metabolism of the Brain. In G.J. Siegel, B.W. Agranoff, R.W. Albers, S.K. Fisher & M.D. Uhler (eds.), *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects* (pp. 637-670). Philadelphia: Lippincott-Raven.
- Cleave, T. L. (1983). *The Saccharine Disease*. New Canaan: Keats Publishing.
- Colantuoni, C., Rada, P., McCarthy, J., Patten, C., Avena, N. M., Chadeayne, A. & Hoebel, B. G. (2002). Evidence That Intermittent, Excessive Sugar Intake Causes Endogenous Opioid Dependence. *Obesity Res.*, 10 (6), 478-488.
- Convit, A., Wolf, O. T., Tarshish, C. & de Leon, M. J. (2003). Reduced glucose tolerance is associated with poor memory performance and hippocampal atrophy among normal elderly. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 100 (4), 2019-2022.
- Cook, D.I., Lingard, J.M., Wegman, E.A., Young, J.A. (2001). Ernährung, Energiehaushalt und Stoffwechsel. In R. Klinker & S. Silbernagl (Hrsg.), *Lehrbuch der Physiologie* (pp. 365-441). Stuttgart: Thieme.
- Dracea, A. (2001). *Mangez et guérissez: comment rendre votre corps invulnérable*. Paris: France loisirs.
- Drewes, L. R. (1998). Biology of the blood-brain glucose transporter. In W.M. Pardridge (ed.), *Introduction to the blood-brain-barrier* (pp. 165-187). Cambridge: Cambridge University Press.
- Erasmus, U. (1993). *Fats that Heal. Fats that Kill*. Burnaby: Alive Books.
- Foster-Powell, K., Holt, S.H.A., Brand-Miller, J.C. (2002). International table of glycemic index and glycaemic load values: 2002. *Am. J. Clin. Nutr.* 76, 5-56.
- Gasser, R. (1998). *Die Kreta-Diät. Mediterrane Ernährung für ein gesundes Herz*. Niederrhausen: Falken.
- Gibson, G. E. & Blass, J. P. (1999). Nutrition and Brain Function. In G.J. Siegel, B.W. Agranoff, R.W. Albers, S.K. Fisher & M.D. Uhler (eds.), *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects* (pp. 691-709). Philadelphia: Lippincott-Raven.
- Girardi, N. L., Shaywitz, S. E., Shaywitz, B. A., Marchione, K., Fleischman, S. J., Jones, T. W. & Tamborlane, W. V. (1995). Blunted catecholamine responses after glucose ingestion in children with attention deficit disorder. *Pediatric research*, 38 (4), 539-542.
- Gold, P. E. (1995). Role of glucose in regulating the brain and cognition. *Am. J. Clin. Nutr.*, 61 (4), Suppl, 987S-995S.
- Greenwood, C. E. & Winocur, G. (2001). Glucose treatment reduces memory deficits in young adult rats fed high-fat diets. *Neurobiol. Learn. Mem.*, 75 (2), 179-189.
- Hamm, M. (1993). *Die Fitneßernährung*. Reinbeck: rororo.
- Hamm, M. (2003). *Fit und schlank mit dem GLYX*. München: Knauer.
- Hof, P. R., Trapp, B. D., Vellis, J. de, Claudio, L. & Colman, D. R. (1999). The Cellular Components of Nervous Tissue. In M.J. Zigmond, F.E. Bloom, S.C. Landis, J.L. Roberts & L.R. Squire (eds.), *Fundamental Neuroscience* (pp. 41-70). San Diego: Academic Press.
- Horn, F., Lindenmeier, G., Moc, I., Grillhösl, C., Berghold, S., Berghold, S., Schneider, N. & Münster, B. (2002). *Biochemie des Menschen*. Stuttgart: Thieme.
- Johnson, R. K. & Frary, D. (2001). Choose beverages and foods to moderate your intake of sugars: the 2000 dietary guidelines for Americans – what's all the fuss about? *The Journal of nutrition*, 131 (10), 2766S-2771S.
- Jones, T. W., Borg, W. P., Boulware, S. D., McCarthy, G., Sherwin, R. S. & Tamborlane, W. V. (1995). Enhanced adrenomedullary response and increased susceptibility to neuroglycopenia: mechanisms underlying the adverse effects of sugar ingestion in healthy children. *J. Pediatrics*, 126 (2), 171-177.
- Kalmijn, S., Feskens, E. J., Launer, L. J., Stijnen, T. & Kromhout, D. (1995). Glucose intolerance, hyperinsulinaemia and cognitive function in a general population of elderly men. *Diabetologia*, 38 (9), 1096-1102.
- Kaplan, R. J., Greenwood, C. E., Winocur, G. & Wolever, T. M. (2000). Cognitive performance is associated with glucose regulation in healthy elderly persons and can be enhanced with glucose and dietary carbohydrates. *Am. J. clin. nutrition*, 72 (3), 825-836.
- Kass, D. A., Shapiro, E. P., Kawaguchi, M., Capriotti, A. R., Scuteri, A., de Groof, R. C. & Lakatta, E. G. (2001). Improved arterial compliance by a novel advanced glycation end-product crosslink breaker. *Circulation*, 104 (13), 1464-1470.
- Khaw, K. T., Wareham, N., Luben, R., Bingham, S., Oakes, S., Welch, A. & Day, N. (2001). Glycosylated haemoglobin, diabetes and mortality in men in Norfolk cohort of European Prospective Investigation of Cancer and Nutrition (EPIC-Norfolk). *Brit. Med. J.*, 322 (1), 15-18.
- Klinke, R. & Silbernagl, S. (Hrsg.) (2001). *Lehrbuch der Physiologie*. Stuttgart: Thieme.
- Korol, D. L. & Gold, P.E. (1998). Glucose, memory, and aging. *Am. J. Clin. Nutr.*, 67 (4), 764S-771S.
- Kuschinsky, W. (2001). Blut-Hirn-Schranke, Liquor cerebrospinalis, Hirndurchblutung und Hirnstoffwechsel. In R. Klinker & S. Silbernagl (Hrsg.), *Lehrbuch der Physiologie* (S. 757-767). Stuttgart: Thieme.
- Laterra, J. Keep, R., Betz, A. L. & Goldstein, G. W. (1999). Blood-Brain-Cerebrospinal Fluid Barriers. In G.J. Siegel, B.W. Agranoff, R.W. Albers, S.K. Fisher & M.D. Uhler (eds.), *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects* (pp. 671-689). Philadelphia: Lippincott-Raven.
- Lee, A. T. & Cerami, A. (1992). The Role of Glycation in Aging. *Ann. New York Acad. Sci.*, 663, 63-70.
- Löffler, G. & Petrides, P. E. (Hrsg.) (2003). *Biochemie und Pathobiochemie*. Berlin: Springer.
- Magistretti, P. J. (1999). Brain Energy Metabolism. In G.J. Siegel, B.W. Agranoff, R.W. Albers, S.K. Fisher & M.D. Uhler (eds.), *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects* (pp. 389-413). Philadelphia: Lippincott-Raven.
- Maughan, R. (2000). Fluid and carbohydrate intake during exercise. In L. Burke & V. Deakin (eds.), *Clinical Sports Nutrition* (pp. 369-395). Roseville: McGraw-Hill Book Company Australia.
- Mayer, G., Nitsch, R. & Hoyer, S. (1990). Effects of changes in peripheral and cerebral glucose metabolism on locomotor activity, learning and memory in adult male rats. *Brain Res.*, 1-2, 95-100.
- McAulay, V., Deary, I. J., Ferguson, S. C., & Frier, B. M. (2001). Acute hypoglycemia in humans causes attentional dysfunction while nonverbal intelligence is preserved. *Diabetes care*, 24 (10), 1745-1750.
- McNay, E. C., McCarthy, R. C. & Gold, P. E. (2001). Fluctuations in brain glucose concentration during behavioural testing: dissociations between brain areas and between brain and blood. *Neurobiology of learning and memory*, 75 (3), 325-337.
- McNay, E. C., Fries, T. T. & Gold, P. E. (2000). Decreases in rat extracellular hippocampal glucose concentration associated with cognitive demand during a spatial task. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 97 (6), 2881-2885.
- McNay, E. C. & Gold, P. E. (2001). Age-related differences in hippocampal extracellular fluid glucose concentration during behavioural testing and following systemic glucose administration. *The journals of gerontology. Series A, Biol. Sci. Med. Sci.* 56 (2), 166-171.
- McVeagh, P. & Miller, J. B. (1997). Human milk oligosaccharides: only the breast. *Journal of paediatrics and child health*, 33 (4), 281-286.
- Meissner, C., Mohamed, S. A., von Wurmb, N. & Oehmichen, M. (2001). Das mitochondriale Genom und Altern. *The mitochondrial genome and aging. Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie* 34 (6), 447-451.
- Messier, C. & Gagnon, M. (1996). Glucose regulation and cognitive functions: relation to Alzheimer's disease and diabetes. *Behav. Brain Res.*, 75, 1-2, 1-11.
- Molteni, R., Barnard, R. J., Ying, Z., Roberts, C. K. & Gómez-Pinilla, F. (2002). A high-fat, refined sugar diet reduces hippocampal brain-derived neurotrophic factor, neuronal plasticity, and learning. *Neuroscience*, 112 (4), 803-814.
- Neumann, G. (2000). *Ernährung im Sport*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Pardridge, W. M. (1998). *Introduction to the blood-brain-barrier*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Petrides, P. E. & Becker, C. M. (2003). Gehirn und Nervengewebe. In G. Löffler & P. E. Petrides (Hrsg.), *Biochemie und Pathobiochemie* (S. 1054-1074). Berlin: Springer.
- Pleasure, D. E. (1999). Neuroopathy. In G. J. Siegel, B. W. Agranoff, R. W. Albers, S. K. Fisher & M. D. Uhler (eds.), *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects* (pp. 743-754). Philadelphia: Lippincott-Raven.
- Prinz, R. J. & Riddle, D. B. (1986). Associations between nutrition and behavior in 5-year-old children. *Nutrition Reviews*, 44, Suppl., 151-158.
- Ragozzino, M. E. & Gold, P. E. (1994). Task-dependent effects of intra-amygdala morphine injections: attenuation by intra-amygdala glucose injections. *The Journal of neuroscience*, 14 (12), 7478-7485.
- Ragozzino, M. E., Pal, S. N., Unick, K. E. & Gold, P. E. (1998). Modulation of hippocampal acetylcholine release and spontaneous alternation scores by intrahippocampal glucose injections. *The Journal of neuroscience*, 18 (4), 1595-1601.
- Ragozzino, M. E., Unick, K. E. & Gold, P. E. (1996). Hippocampal acetylcholine release during memory testing in rats: Augmentation by glucose. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 93, 4693-4698.
- Raine, C. S. (1999). Neurocellular Anatomy. In G. J. Siegel, B. W. Agranoff, R. W. Albers, S. K. Fisher & M. D. Uhler (eds.), *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects* (pp. 3-30). Philadelphia: Lippincott-Raven.
- Schek, A. (2002). Top-Leistung im Sport durch bedürfnisgerechte Ernährung. Münster: Philippka-Sportverlag.
- Schleicher, P. (2002). Die sensationelle Kreta-Diät. München: Goldmann.
- Schneider, F. J. (2003). Zur Bedeutung der Ernährung für das Gehirn als „Generator und Rezeptor“ im (Leistungs-)Sport. Teil 1: Einführung. *Leistungssport*, 33 (2), 10-15.
- Siegel, G. J., Agranoff, B. W., Albers, R. W., Fisher, S. K., Uhler, M. D. (eds.) (1999). *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects*. Philadelphia: Lippincott-Raven.
- Sokoloff, L. (1977). Relation between physiological function and energy metabolism in the central nervous system. *J. Neurochem.*, 29 (1), 13-26.
- Sparks, M. J., Selig, S. S. & Febbraio, M. A. (1998). Pre-exercise carbohydrate ingestion: effect of the glycemic index on endurance exercise performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30, 844-849.
- Thomas, D. E., Brotherhood, J. E. & Brand, J. C. (1991). Carbohydrate feeding before exercise: effect of glycemic index. *Int. J. Sports Med.*, 12, 180-186.
- Thomas, D. E., Brotherhood, J. R. & Brand-Miller, J. (1994). Plasma glucose levels after prolonged strenuous exercise correlate inversely with glycemic response to food consumed before exercise. *Int. J. Sport Nutr.*, 4, 361-373.
- Wildman, R. E. C. & Medeiros, D. M. (2000). *Advanced Human Nutrition*. Washington, D.C.: CRC Press.
- Zigmond, M. J., Bloom, F. E., Landis, S. C., Roberts, J. L. & Squire, L. R. (eds.) (1999). *Fundamental Neuroscience*. San Diego: Academic Press.
- ⁶ Der gleichgerichtete gleichzeitige Transport mehrerer Moleküle durch Zellmembranen wird als Symport und der entgegengesetzte gleichzeitige Transportprozess mehrerer Moleküle als Antiport bezeichnet.
- ⁷ Eine verminderte BHS-GLUT1-Expression, die die Lieferung des energiereichen Substrats substanziell komprimiert, ist bei vielen Kindern gefunden worden, die unter Anfällen, mentaler Retardation, verminderter Gehirnentwicklung und niedrigen Glucosekonzentrationen in der Cerebrospinal-Flüssigkeit litten (Lattera et al., 1999).
- ⁸ Die im Folgenden vorgestellten Ergebnisse aus experimentellen Studien zum Zusammenhang zwischen der kognitiven und psychomotorischen Leistung sowie der energetischen Versorgung des Gehirns sind gleichermaßen für die kognitiven Anforderungen im (Leistungs-) Sport und im schulischen und universitären (Lehr- und) Lernprozess von besonderem Interesse.
- ⁹ Der Hippocampus gilt als eines der zentralen Gehirnareale für das Lernen und die Gedächtnisfunktion.
- ¹⁰ Neben dem Blutdruck und Cholesteroll kann der Glucosepiegel im Blut zur Vorhersage des kardiovaskulären Risikos dienen. Khaw et al. (2001) konnten in einer großen epidemiologischen Studie an Männern (45 bis 79 Jahre alt) belegen, dass das Mortalitätsrisiko mit der Blutglucosekonzentration stieg. Eine Reduzierung des Blutzuckerspiegels um nur 0,1 oder 0,2 Prozent in der gesamten Bevölkerung würde die Gesamtsterblichkeit um 5 bzw. 10 Prozent vermindern.

*

*

Anmerkungen

¹ Für die kritische Durchsicht des Manuskripts danke ich Frau Brigitte Bongartz, Gymnasiallehrerin für Biologie und Chemie.

² Der respiratorische Quotient mit Bezug auf den Gehirnstoffwechsel beträgt fast 1 und demonstriert damit, dass Kohlenhydrate, insbesondere Glucose, die zentralen Substrate für den oxidativen Stoffwechsel bilden (Magistretti, 1999).

³ Um Disaccharide zu erhalten, müssen zwei Monosaccharide miteinander verbunden werden (= glykosidische Bindung).

⁴ Aus dieser allgemeinen Summenformel geht hervor, dass es sich bei Kohlenhydraten um mehrwertige Alkohole handelt. Aus der anderen, gängigeren Formel $C_n(H_2O)_n$ leitet sich der Begriff der Kohlenhydrate her.

⁵ Als Neuropil wird das aus Dendriten, Axonen und Gliazellfortsätzen bestehende und zwischen den Zellkernen liegende Geflecht im ZNS bezeichnet.