

Glykemisk indeks

Sammendrag

Glykemisk indeks er et mål for hvor mye blodsukkeret stiger i løpet av to timer etter inntak av en matvare med 50 g karbohydrater. Som referanse bruker man målinger hvor man har spist 50 g glukose eller hvitt brød. Denne verdien settes til 100. Glykemisk indeks ble utviklet til hjelp for personer med diabetes for å bedre kontrollen med blodglukosenivået, som et ledd i å unngå senkomplikasjoner. Eple vil ha en indeks på omkring 40, mens baguette har 95 og pumpernikkelbrød har en indeks på 41. Noen observasjonelle studier kan tyde på at et kosthold med karbohydrater som har lav glykemisk indeks kan redusere risikoen for overvekt, diabetes type 2 og tykktarmskreft. Det er foreløpig få publiserte kontrollerte kliniske studier som støtter denne konklusjonen. Matvareindustrien og personer eller firmaer som arbeider med slanking har vist interesse for å bruke glykemisk indeks. Denne bruken kan lett skape forvirring og gi inntrykk av at en del viktige og næringsrike karbohydratholdige matvarer bør unngås. Glykemisk indeks kan være et mulig redskap til bruk for kliniske ernæringsfysiologer og leger i veiledning av personer med metabolsk syndrom, overvekt og diabetes type 1 eller 2.

Engelsk sammendrag finnes i artikkelen på www.tidsskriftet.no

Interessekonflikter: Ingen

Svein Olav Kolset

s.o.kolset@basalmed.uio.no
 Institutt for ernæringsforskning
 Universitetet i Oslo
 Postboks 1046 Blindern
 0316 Oslo

Ernæring er et av mange fagområder i spenningsfeltet mellom forskning og folkeopplysning. Mange er opptatt av matens betydning for helse og velvære. Hva man skal spise har til enhver tid vært diskutert, både ut fra økende kunnskap om ernæring i biomedisinsk forskning, endringer i folks helsetilstand, tilgang på nye råvarer eller ferdigvarer, internasjonalisering og kontakt med andre matkulturer osv. Det finnes et utall av dietter som vektlegger ulike elementer i kosten, med henblikk på vektreduksjon eller forebygging av sykdom. Glykemisk indeks som et mål på om kosten er sunn eller ikke er blitt anvendt av en del forskere i metabolske kortidsstudier og i epidemiologiske langtidsstudier. Glykemisk indeks brukes nå også i enkelte kokebøker og i deler av slankeindustrien. I denne artikkelen drøftes glykemisk indeks i forhold til forebyggende og behandlende ernæringsarbeid.

Hva er glykemisk indeks?

Begrepet ble introdusert av Jenkins og medarbeidere i 1981 (1). Utgangspunktet for deres studier var å lage et system som skulle hjelpe diabetikere med kostråd for regulering av blodsukkernivået. Et godt regulert blodsukkernivå er et viktig grunnlag for å unngå langtidskomplikasjoner, både for dem som har diabetes type 1 og for dem med diabetes type 2. Matvaretabeller inneholder opplysninger om karbohydratinnholdet, og de første undersøkelsene av glykemisk indeks var et forsøk på systematisk å måle effekten av ulike karbohydratholdige matvarer på blodsukkernivået. Denne første testen ble gjort på ikke-diabetiske personer som spiste ulike typer matvarer i mengder som gav det samme karbohydratinnholdet. Blodsukkernivået ble målt ved starttidspunkt og deretter etter 15, 30, 45, 60, 90 og 120 minutter, slik at det kunne konstrueres kurver for blodsukkerstigning for de ulike matvarene som ble testet. Som sammenlikningsgrunnlag ble liknende målinger utført etter inntak av 50 g glukose hos de samme forsøkspersonene. Arealet under kurvene ble beregnet og sammenliknet med arealet etter glukosebe-

lastning. I dette første arbeidet ble arealet under kurven etter inntak av 50 g glukose gitt en glykemisk indeks på 100. Deretter ble glykemisk indeks for de andre matvarene regnet ut.

Ved vurdering av glykemisk indeks bør man merke seg at det i mange senere målinger er brukt hvitt brød (i en mengde som gir 50 g karbohydrater) som standard i stedet for glukose. De ulike tabellene har forskjellige verdier, avhengig av hvilken standard som er brukt. Bruk av hvitt brød som standard er blitt kritisert fordi brødtype, melkvalitet, steketilstand og andre forhold kan variere fra land til land. Det er gjort en rekke større arbeider for å angi glykemisk indeks for matvarer, og en matvaretabell med glykemisk indeks ble først publisert i 1995 (2). En revidert internasjonal tabell er nylig publisert (3). I denne siste har man tatt for seg matvarer fra mange ulike land og presenterer data basert både på sammenlikning med glukose og med brød som standard (tab 1). Det er verdt å merke seg at dette gjelder målinger for matvarer, ikke sammensatte måltider. Det vil være en rekke faktorer i det totale måltidet som vil påvirke blodsukkernivået (ramme 1). Dette gjør at flere nå bruker begrepet glykemisk belastning (glycemic load), som er glykemisk indeks multiplisert med mengden karbohydrat i måltidet. Dette er et mer relevant mål for effekten på blodsukkernivået etter et måltid. Slike verdier finnes i de nyeste tabellene (3).

Fakta

- Glykemisk indeks er et mål for blodsukkerstigning i løpet av to timer etter inntak av matvarer som inneholder 50 g karbohydrater
- Tabeller er tilgjengelig med glykemisk indeks for ulike matvarer. Disse bør brukes av forskere, kliniske ernæringsfysiologer og leger
- Glykemisk indeks kan eventuelt brukes ved metabolsk syndrom, overvekt eller diabetes 1 eller 2 og ved forstyrrelser i blodsukkerreguleringen
- Praktiske konsekvenser av kunnskap om glykemisk indeks er nedfelt i våre generelle kostanbefalinger (mindre sukker, mer fiber, frukt og grønnsaker)

Studier av glykemisk indeks

Glykemisk indeks har vært kjent innen ernæringsforskningen i 20 år. Selv etter så mange år hefter det stor usikkerhet ved nytten av dette systemet i klinisk sammenheng. Metabolske studier, gjort hos friske og slanke personer, viser liten eller ingen effekt av kost med ulik glykemisk indeks på ulike risikoparametere som brukes ved f.eks. diagnostisering av metabolsk syndrom (tab 2). Men flere korttidsstudier gjort hos personer med overvekt eller diabetes type 2 viser nedgang i nivået på fastende blodsukker, lavere insulinnivå og nedgang i vekt. Ett eksempel av mange er en studie som viser økt insulinsensitivitet og nedsatt kolesterolnivå hos pasienter med diabetes type 2 etter 24 dager med kost med lav glykemisk indeks i forhold til resultatet etter et nesten identisk kosthold, bare med en noe annen stivelsessammensetning. Både høy- og lavglykemisk kost gav i denne studien nesten samme nedgang i nivået fastende blodsukker (4). Effektene vil variere noe mellom de ulike studiene, ofte fordi oppsettene, varigheten og utvalget av forsøkspersoner varierer. Men mange studier av overvektige eller personer med diabetes type 2 viser mindre bukfedme og nedgang i kroppsmasseindeks (BMI) med et fettfattig kosthold kombinert med mye karbohydrater med lav glykemisk indeks (5). Mekanismene for disse effektene er ikke kjent. Økt insulinsensitivitet og en senkning av insulinnivåene hos type 2-diabetikere kan være en del av forklaringen, men det er også vist at man får en reduksjon i nivåene av tumornekrosefaktor og frie fettsyrer, som begge er viktige i reguleringen av energimetabolismen. Kontrollsystemene er komplekse, og vår forståelse av hva som skjer ved vektnedgang er begrenset.

Karbohydrater med lav glykemisk indeks (grove kornprodukter og grønnsaker) kan gi større metthetsfølelse enn karbohydrater med høyere glykemisk indeks og derfor resultere i nedsatt matinntak. Karbohydrater med høy glykemisk indeks vil kunne gi høyere matinntak og dårligere metthetsfølelse ut ifra hva visse undersøkelser viser (6). En risikofaktor ved diabetes er danning av glykosylerte proteiner i sirkulasjonen som en konsekvens av vedvarende høyt glukosenivå. Noen studier viser nedsatte nivåer av glykosylerte proteiner ved et kosthold med karbohydrater med lav glykemisk indeks (7).

Det er i hovedsak epidemiologiske studier som har vært grunnlaget for påstanden om at en kost med matvarer som har høy glykemisk indeks fører til sykdom, og at et kosthold med lav glykemisk indeks vil fremme helse. Helse og livsstilsfaktorer har vært studert bl.a. i The Health Professional Follow-up Study. 51 529 amerikanske menn var med på undersøkelsen fra 1986 til 1992. Man kartla kostholdet og registrerte sykdom, dødsfall og dødsårsaker. Konklusjonen i et arbeid fra disse store undersøkelsene var at et kosthold med karbohydrater med høy gly-

kemisk indeks og lite fiber økte risikoen for å få diabetes type 2 over en periode på seks år (8). En annen studie, Nurses Health Study, som startet i 1976, omfattet 65 173 amerikanske kvinner. Også her ble det vist et lavt fiberinntak og høyt inntak av matvarer med høy glykemisk indeks gav flere tilfeller av diabetes type 2 over en seksårsperiode (9). Det ble samtidig vist at et høyt totalinntak av karbohydrat ikke var korrelert til utvikling av samme sykdom. Ved å se på hvilke matvarer som gav de største utslagene i de statistiske analysene, fant forfatterne at gode karbohydratkilder var frokostcerealier og yoghurt, mens brus, hvitt brød og pommefrites var dårlige.

Begge undersøkelsene er blitt kritisert på for svakheter i kostholdsundersøkelsene, og at konklusjonene derfor hviler på et relativt tynt grunnlag (10).

I en annen epidemiologisk undersøkelse fra USA, Iowa Women's Health Study ble 35 988 kvinner fulgt over seks år. Her kunne man ikke påvise noen sammenheng mellom inntak av mat med høy glykemisk indeks, høyt nivå av karbohydrat og insidens av diabetes type 2 (11). Det ble imidlertid vist at et høyt inntak av fiber og helkornprodukter gav færre tilfeller av samme sykdom. Denne undersøkelsen vil også kunne kritiseres for svakheter. Basert på de undersøkelser som foreligger kan man ikke med sikkerhet konkludere med at inntak av mat med lav glykemisk indeks i en generell befolkning vil gi mindre diabetes type 2 over tid. Den positive effekten av fiber kan også skyldes andre forhold enn effekt på glykemisk indeks.

Det er foreløpig gjort få prospektive kliniske studier av virkningene av kosthold med høy og kosthold med lav glykemisk indeks. The American Diabetes Association har i 2002 kommet med oppdaterte anbefalinger (12) og hevder her at det på det nåværende tidspunkt ikke er grunnlag for å bruke glykemisk indeks verken i behandling eller profylakse. Jenkins og medarbeiderne, som lanserte begrepet, poengterer selv at glykemisk indeks har et mulig potensial i terapeutisk sammenheng (13).

Karbohydrater i fokus

Det er matvarens innhold av karbohydrater totalt som vil bestemme graden av blodsukkerstigning etter et måltid, men type karbohydrat er også viktig. Stivelse finnes i stivelseskorn, og disse må brytes ned. Det skjer enten ved prosessering som f.eks. koking (vil gjelde bl.a. for poteter) eller ved modning (vil gjelde bl.a. for bananer). Karbohydratene består av sukrose (strøsukker), laktose (melkesukker), stivelse og ulike fibertyper. Mengden og type fiber er avhengig av kornstype.

Stivelse består av to hovedkomponenter: amylose og amylopektin. Den første typen brytes senere ned enn den andre. Ulike forhold mellom disse to stivelsesstypene i matvarene vil derfor ha forskjellige effekter på blodsukkernivået.

Ramme 1

Faktorer som kan påvirke glykemisk indeks

- Matens innhold av fett og protein
- Matens innhold av fiber
- Syreinnhold i maten
- Type karbohydrater, bl.a. forhold mellom stivelsesstypene amylose og amylopektin
- Størrelse på stivelsespartikler i maten, tykkelsen på produktet, som f.eks. for pasta
- Modningsgrad på mat med mye stivelse
- Virkning av koking og steking
- Antall måltider per dag og fysisk aktivitet

Tabell 1 Noen eksempler på glykemisk indeks fra de internasjonale tabellene publisert i 2002 (3)

Matvare	Glykemisk indeks	
	Glukose = 100	Brød = 100
Cornflakes (USA)	92	130
Cornflakes, fiberrik (Canada)	74	105
Ris (India)	69	99
Parboiled ris (Canada)	48	68
Parboiled ris (USA)	72	103
Helmelk (Sverige)	21	30
Skummetmelk (Canada)	32	46
Eple (gjennomsnitt)	40	57
Banan (gjennomsnitt)	52	74
Erter (Australia)	22	32
Peanøtter	14	21
Makaroni (gjennomsnitt)	47	67
Spagetti (gjennomsnitt)	38	54
Gulrøtter (gjennomsnitt)	47	68
Poteter (gjennomsnitt)	50	72
Potetstappe (gjennomsnitt)	74	105
Pommefrites	75	107
Coca-Cola	58	83
Appelsinjuice	50	71
Baguette (Frankrike)	95	136
Rugbrød (pumpenikkel, Sverige)	41	58
Hvitt brød (USA)	70	100
Flerkornbrød (Australia)	43	61
Sukrose (hvitt sukker)	68	97
Fruktose	19	27
Laktose	46	66

Modningsgraden på frukten vil påvirke glykemisk indeks. En umoden banan kan ha en glykemisk indeks på 30 (mot glukose som standard), mens en moden kan ha en indeks på 52. I en rekke tidligere studier er det vist at økt mengde fiber i et måltid vil kunne

Tabell 2 Kriterier for metabolsk syndrom

Blodtrykk over 140/90 mm Hg
 Lavt HDL-kolesterolnivå (< 1 mmol/l)
 Høyt triglyseridnivå (> 1,7 mmol/l)
 Mikroalbuminuri
 Insulinresistens
 Livvidde. Menn over 102 cm,
 kvinner over 88 cm

! Ramme 2

Ernæringsmessige vurderinger av brødforbruk

- Grove brødsorter er bedre enn brød bakt med bare fint mel
- Lavt fettinnhold, men inneholder viktige flerumettede fettsyrer
- Inneholder viktige mineraler, vitaminer og sporstoffer
- Viktig protein og fiberkilde i norsk kosthold
- Gir metthetsfølelse
- Reduserer risikoen for metabolsk syndrom, diabetes type 2 og visse kreftformer

! Ramme 3

Utfordringer ved karbohydratinntaket i Norge i år 2003

- Forbruket av sukret mineralvann er for høyt, særlig blant ungdom
- Forbruket av grove kornprodukter og frukt og grønt er for lavt
- Forbruket av pommefrites og potetgull er for høyt
- Den helsemessig gunstige kombinasjonen av et høyt inntak av komplekse karbohydrater og økt fysisk aktivitet er sterkt undervurdert

bedre blodsukkerreguleringen og redusere mengden triglyserider og kolesterol i plasma (14). Et kosthold med høyt fiberinnhold, har nesten automatisk lav glykemisk indeks.

Potet har høy glykemisk indeks. Hvis dette er det eneste man er opptatt av, vil man kunne hevde at folk bør unngå poteter (hvis de tilhører en av de risikogrupper som er beskrevet). I Norge i dag er forbruket av kokt og bakt potet fortsatt på vei ned, mens konsumet av pommefrites og potetgull har økt kraftig. Dette er bekymringsfullt, fordi det fører til økt inntak av fett. Andre faktorer enn glykemisk indeks som må tas med ved vurdering av poteten, er at den gir høy

metthetsfølelse og er rik på fiber og C-vitamin.

I norsk kosthold finnes det en rekke karbohydratholdige matvarer – brød, poteter, grønnsaker, syltetøy, frukt, melk og melkeprodukter. Vi spiser også andre typer karbohydrater som ris, pasta, pitabrød og pizza. De norske kostholdsanbefalingene sier at vi bør øke vårt forbruk av fiberholdige matvarer som grove kornprodukter og frukt og grønnsaker, og minske inntaket av sukker. Dette kan i denne sammenhengen oversettes til at man ønsker at det norske folk dels skal øke inntaket av matvarer med lav glykemisk indeks og minske forbruket av mat med høy glykemisk indeks. Sett i lys av dette blir bruk av glykemisk indeks bare en omskrivning av etablerte anbefalinger og på en måte gammelt nytt.

Hvis begrepet glykemisk indeks brukes ukritisk, spesielt overfor personer som ikke er overvektige eller har diabetes type 2, kan det gi uønskede effekter. Noen kan trekke den konklusjon at man skal redusere karbohydratinntaket, eventuelt slutte å spise poteter og kutte ned på brødinntaket. Som en konsekvens av dette vil noen foreslå å øke proteininntaket, eventuelt fettinntaket, for å kompensere for nedgangen i «farlige karbohydrater». Dette er eksempler på at man vurderer et kosthold fra en snever synsvinkel og lar være å ta med i betraktningen en rekke andre faktorer som er viktige når man kommer med kostholdsanbefalinger.

Glykemisk indeks og metabolsk syndrom

Skal personer med metabolsk syndrom (ramme 2), diabetes type 2 eller dyslipidemi holde seg unna brød for å bedre helsetilstanden? Personer med denne type problemer må gå ned i vekt. Dette kan gjøres ved å drive mer fysisk aktivitet, som vil gi økt energiforbruk. Ved uendret eller nedsatt energiinntak vil dette gi vektneidgang. Fysisk aktivitet i seg selv stimulerer til et insulinuavhengig opptak av glukose i skjelettmuskulaturen og bedrer insulinsensitiviteten. Dette vil igjen føre til nedsatt insulinsekresjon og bedring av dyslipidemien.

Om man i tillegg til mer aktivitet endrer kostholdet, vil det absolutt viktigste være å sørge for lavere energiinntak totalt. Den mest effektive måten å gjøre dette på, er å minske inntaket av fett. Enklest gjøres dette ved å kutte ned på inntaket fettrike matvarer, f.eks. fete oster, fløte, kjøtt og fete kjøttprodukter. I tillegg bør inntaket av sukkerholdige drikkevarer reduseres. Nedgang i fettinntaket vil forbedre lipidprofilen i plasma. Effekten vil bli enda større om man spiser fettfattige matvarer som frukt, grønnsaker og grove kornprodukter.

De fleste brødtyper har en middels høy glykemisk indeks. Å advare mot bruk av brød i kostholdet, utelukkende ut fra glykemisk indeks, er ett av mange eksempler på anbefalinger basert på en ensidig vektleg-

ging av ett prinsipp. I denne sammenheng er det viktig å merke seg at det er vurdert som entydig positivt både for befolkningen generelt, personer med diabetes type 1 eller 2 og for forebygging av ulike kreftformer (15) å ha et høyt forbruk av matvarer som inneholder grove kornprodukter. Anbefalingen er at man skal øke inntaket av grove brødtyper. Noen av de viktigste faktorene som ligger til grunn for slike anbefalinger er presentert i ramme 2.

Vurdering av målinger av glykemisk indeks

Allerede i 1981 gjorde Jenkins og medarbeidere (1) et poeng av at mange matvarer som utmerket seg med lav glykemisk indeks, tilhørte det vi ville klassifisere som husmannskost, f.eks. havregrøt, jams, spagetti, søtpoteter, erter og bønner. Samtidig viste de første analysene noen av de fallgruvene som senere gjorde mange kritiske til bruk av glykemisk indeks. Noen få eksempler kan illustrere dette.

Gulrøtter har høy glykemisk indeks. Dette er en matvare som anbefales både på grunn av vitamininnhold, fiberinnhold og fordi den er fettfattig. Den er dessuten en viktig del av det norske kostholdet og sentral i våre kostholdstradisjoner. Skal man be personer med diabetes 1 eller 2, personer med metabolsk syndrom eller hjerteproblemer om å holde seg borte fra gulrøtter? Her er det verdt å merke seg at glykemisk indeks baserer seg på målinger hvor man skal spise en matvare i en slik mengde at man får i seg 50 g karbohydrater. Det tilsvarer ca. en halv kilo gulrøtter. I de første forsøkene som ble gjort, måtte man halvere mengden gulrøtter for at forsøkspersonene skulle klare å gjennomføre forsøkene på ønsket tid. Man spiser overhodet ikke slike mengder, og en advarsel mot å spise gulrøtter basert på glykemisk indeks vil derfor ikke ha noen seriøs faglig forankring.

Man kan i tillegg merke seg at allerede fra de første målingene ble gjort, kunne man se at f.eks. peanøtter har lav og sjokolade middels lav glykemisk indeks. Dette er ikke matvarer man vil anbefale et høyt daglig inntak av, bl.a. på grunn av det høye fettinnholdet.

Norske utfordringer

I Norge som i andre land, er det en økende grad av overvekt. Behandling av overvekt er både faglig og samfunnsmessig en meget stor utfordring. Vi ser endringer i kostholdet som det i denne sammenheng er grunn til å være bekymret over (ramme 3). Skal vi kunne forebygge overvekt, er dette faktorer som det må arbeides aktivt med. De vil være like viktige for dem som vil gå ned i vekt som for dem som ønsker å unngå vektøkning.

Et viktig tiltak vil være å få ned forbruket av sukret mineralvann, som er meget høyt i Norge sammenliknet med andre europeiske land. Brus inneholder tomme kalorier, er en

karbohydratkilde uten fiber og bidrar antakelig til dårligere appetittregulering (16).

Hvem kan ha nytte av glykemisk indeks?

Forskning omkring blodsukkernivå og karbohydratinhold i ulike matvarer var først myntet på personer med diabetes type 1 og 2. For å få en best mulig regulering av blodsukkernivået trengte man mer kunnskap om hvordan karbohydratinholdet i ulike matvarer påvirket blodsukkernivå og insulinsekresjon. Mer overvekt i alle vestlige land, og nå også i utviklingsland, gir seg utslag i økende forekomst av metabolsk syndrom, diabetes type 2 og hjerte- og karsykdommer. Er det aktuelt å bruke glykemisk indeks i forbindelse med behandling av disse pasientgruppene?

Vektreduksjon vil for mange med metabolsk syndrom kunne redusere risikoen for å utvikle diabetes type 2. Nyere studier fra Finland (17) og USA (18) viser at kombinasjonen fysisk aktivitet og kostholdstiltak (basert på de anbefalinger vi også bruker) gir vektnedgang, med positive effekter på mange av de risikofaktorer som er forbundet med metabolsk syndrom og diabetes type 2. Dette gjelder f.eks. blodtrykk og nivået av LDL-kolesterol, triglyserider, glukose og insulin. En slik kombinasjon vil derfor i folkehelse-sammenheng kunne ha stor betydning i å forebygge eller utsette forekomsten av diabetes type 2.

I klinisk sammenheng brukes glykemisk indeks i en viss grad for å veilede overvektige og personer med diabetes type 2 som har problemer med å regulere blodsukkernivået.

Toppidrettsutøvere, spesielt innen utholdenhetsidretter, benytter seg til en viss grad av glykemisk indeks for effektivt og raskt å kunne fylle opp glykogenlagrene før konkurranser og i restitusjonsfasen.

Matvarene som inneholder karbohydrater med lav glykemisk indeks vil ofte være fettfattige og fiberrike, de samme som i en rekke

år er anbefalt den generelle befolkning for å forhindre livsstilssykdommer og ulike kreftformer. I norsk sammenheng vil det si et kosthold med grove kornsorter (f.eks. helkornbrød) og mye frukt og grønnsaker.

Glykemisk indeks har vært brukt av forskere og en del kliniske ernæringsfysiologer og leger i ca. 20 år. Total glykemisk belastning (glycemic load) vil høyst sannsynlig være det fagfolk må bruke i kostveiledning av risikogrupper, ikke glykemisk indeks. Det har vært mye debatt i fagmiljøene om hvorvidt glykemisk indeks er et nyttig arbeidsredskap (7, 10, 13, 19–21). Fra et faglig ståsted er det behov for betydelig flere studier, og da spesielt kontrollerte kliniske undersøkelser.

Basert på dagens kunnskap må man konkludere at glykemisk indeks ikke er relevant for fysisk aktive mennesker med normal kroppsvekt. Indeksen må betraktes som et mulig hjelpeinstrument for fagfolk i en samlet vurdering av råd og tiltak overfor overvektige, personer med hyperlipemi og de som har diabetes type 1 og 2. En spesiell målgruppe som vil kunne ha nytte av glykemisk indeks/glykemisk belastning i kostplanleggingen vil være personer innen disse gruppene som har problemer med å regulere blodsukkernivået.

Litteratur

- Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 1981; 34: 362–6.
- Foster-Powell K, Miller JB. International tables of glycemic index. *Am J Clin Nutr* 1995; 62 (suppl): 871–90.
- Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr* 2002; 76 (suppl): 5–56.
- Jarvi AE, Karlstrom BE, Granfeldt YE, Bjorck IE, Asp NG, Vessby BO. Improved glycemic control and lipid profile and normalized fibrinolytic activity on a low-glycemic index diet in type 2 diabetic patients. *Diabetes Care* 1999; 22: 10–8.
- Brand-Miller JC, Holt SH, Pawlak DB, McMillan J. Glycemic index and obesity. *Am J Clin Nutr* 2002; 76 (suppl): 281–5.
- Ludwig DS. Dietary glycemic index and obesity. *J Nutr* 2000; 130 (suppl): 280–3.
- Willett W, Manson J, Liu S. Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr* 2002; 76 (suppl): 274–80.
- Salmeron J, Ascherio A, Rimm EB, Colditz GA, Spiegelman D, Jenkins DJ et al. Dietary fiber, glycemic load, and risk of NIDDM in men. *Diabetes Care* 1997; 20: 545–50.
- Salmeron J, Manson JE, Stampfer MJ, Colditz GA, Wing AL, Willett WC. Dietary fiber, glycemic load, and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women. *JAMA* 1997; 277: 472–7.
- Pi-Sunyer FX. Glycemic index and disease. *Am J Clin Nutr* 2002; 76 (suppl): 290–8.
- Meyer KA, Kushi LH, Jacobs DR jr., Slavin J, Sellers TA, Folsom AR. Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women. *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 921–30.
- Franz MJ, Bantle JP, Beebe CA, Brunzell JD, Chaiasson JL, Garg A et al. Evidence-based nutrition principles and recommendations for the treatment and prevention of diabetes and related complications. *Diabetes Care* 2002; 25: 148–98.
- Jenkins DJ, Kendall CW, Augustin LS, Franceschi S, Hamidi M, Marchie A et al. Glycemic index: overview of implications in health and disease. *Am J Clin Nutr* 2002; 76 (suppl): 266–73.
- Chandalia M, Garg A, Lutfjohann D, von Bergmann K, Grundy SM, Brinkley LJ. Beneficial effects of high dietary fiber intake in patients with type 2 diabetes mellitus. *N Engl J Med* 2000; 342: 1392–8.
- Pereira MA, Jacobs DR jr., Pins JJ, Raatz SK, Gross MD, Slavin JL et al. Effect of whole grains on insulin sensitivity in overweight hyperinsulinemic adults. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 848–55.
- Raben A, Vasilaras TH, Moller AC, Astrup A. Sucrose compared with artificial sweeteners: different effects on ad libitum food intake and body weight after 10 wk of supplementation in overweight subjects. *Am J Clin Nutr* 2002; 76: 721–9.
- Tuomilehto J, Lindstrom J, Eriksson JG, Valle TT, Hamalainen H, Ilanne-Parikka P et al. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med* 2001; 344: 1343–50.
- Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, Hamman RF, Lachin JM, Walker EA et al. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med* 2002; 346: 393–403.
- Wolever TM. The glycemic index: flogging a dead horse? *Diabetes Care* 1997; 20: 452–6.
- Coulston AM, Reaven GM. Much ado about (almost) nothing. *Diabetes Care* 1997; 20: 241–3.
- Ludwig DS. The glycemic index: physiological mechanisms relating to obesity, diabetes, and cardiovascular disease. *JAMA* 2002; 287: 2414–23.