

Likartad effekt på muskelglykogen vid intag av fruktos- och glukosblandning jämfört med enbart glukos hos vuxna män efter träning

En systematisk översiktsartikel

Lisa Larsson och Philippa Vinterqvist

Självständigt arbete i klinisk nutrition 15 hp
Dietistprogrammet 180/240 hp
Handledare: Anna Winkvist
Examinator: Frode Slinde

2018-03-27

Sahlgrenska akademien



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Sammanfattning

Titel:	Likartad effekt på muskelglykogen vid intag av fruktos- och glukosblandning jämfört med enbart glukos hos vuxna män efter träning – En systematisk översiktsartikel
Författare:	Lisa Larsson, Philippa Vinterqvist
Handledare:	Anna Winkvist
Examinator:	Frode Slinde
Linje:	Dietistprogrammet, 180/240 hp
Typ av arbete:	Självständigt arbete i klinisk nutrition, 15 hp
Datum:	2018-03-27

Bakgrund

Atleter har ofta som mål att maximera sin prestation. Vid långdistansidrotter kan det vara få timmar med återhämtning innan nästa träningspass eller tävlingsgren, vilket ställer krav på framförallt kostintaget. Frågan är om fruktos tillsammans med glukos kan ge bättre återhämtning tack vare det ökade antalet upptagsvägar i tarmen samt att fruktos metaboliseras i levern till skillnad från glukos. Kombinationen av fruktos och glukos skulle hypotetiskt sett kunna öka skelettmuskelglykogenreplikationen genom deras olika transportvägar i kroppen.

Syfte

Syftet med denna systematiska översiktsartikel var att undersöka effekten av fruktos- och glukosblandning jämfört med enbart glukos på återhämtningen av muskelglykogennivåer efter träning hos vuxna i åldern 18-44 år.

Sökväg

Litteratursökning via Pubmed, Scopus och Cochrane Library.

Urvalskriterier

Mätning av skelettmuskelglykogen efter träning samt efter återhämtning för mått på replikationen hos friska människor med åldern 18-44 år. Återhämningsperiod med intag av dryck bestående av fruktos och/eller glukos.

Datainsamling och analys

Vid litteratursökningen lästes titel och abstrakt. Sju artiklar valdes ut för att läsas i fulltext. Två artiklar exkluderades då de inte uppfyllde inklusionskriterierna. Återstående fem artiklar innefattade endast män, är RCT-studier och hade medelhög till hög studiekvalité.

Resultat

Det finns en hög vetenskaplig evidens (+++++) för att fruktos- och glukosblandning samt enbart glukos inte ger signifikanta skillnader på skelettmuskelglykogenreplikation på återhämtningen hos idrottande män. Trots skillnader i tid för återhämtning och mängden kolhydrater i dryckerna i de olika studierna tycks skelettmuskelglykogenreplikationen inte påverkas av vilken monosackarid som intas.

Slutsats

Det finns stark evidens för att intag av fruktos eller glukos inte spelar någon roll i uppbyggnad av muskelglykogen efter träning hos män. Den totala skelettmuskelglykogenreplikationen blir likvärdig vid ett kolhydratsintag som beräknas på kroppsvikten, 1,2-1,5 g/kg, oavsett sockerart. Dock tyder biverkningar på att det är fördelaktigt att inta en blandning av sockerarter för att minska risken för mag- och tarmbesvär.

Nyckelord: Fructos, glucos, glycogen, postexercise, muscle, recovery, training

Abstract

Title: Similar effects of intake of fructose and glucose mix compared with only glucose on recovery of muscle glycogen levels in adult men after exercise – A systematic review article

Author: Lisa Larsson, Philippa Vinterqvist
Supervisor: Anna Winkvist
Examiner: Frode Slinde
Programme: Programme in dietetics, 180/240 ECTS
Type of paper: Bachelor's thesis in clinical nutrition, 15 higher education credits
Date: March 27, 2018

Background

Athletes want to maximize their performance during training and competition. For long distance athletes, there may be limited time before the next performance, meaning that recovery relies largely on dietary intake. It is possible that by combining fructose and glucose, there would be increased intestinal uptake and therefore better recovery. Fructose is metabolized primarily in the liver, while glucose is delivered directly to muscles. As a result, taking a combination of fructose and glucose could hypothetically increase skeletal muscle glycogen replication through more effective delivery via multiple transport routes.

Objective

The purpose of this systematic review article was to investigate the effect of fructose together with glucose compared with only glucose on the recovery of muscle glycogen levels after exercise in adults aged 18-44 years.

Search strategy

The literature search was conducted in PubMed, Scopus and Cochrane Library.

Selection criteria

Measurement of skeletal muscle glycogen after exercise and post-recovery for results of the glycogen replication in healthy people aged between 18-44 years. Drinks containing a fructose and glucose mix or only glucose were provided during the recovery period.

Data collection and analysis

Selections made during search after reading of the title and abstract of potentially relevant articles. Seven articles were selected to be read in full text. Two articles were excluded when they failed to meet the criteria for the disclosure. The remaining five articles includes only men. The articles are RCT studies that have moderate to high study quality.

Main results

There is high scientific evidence (+++++) that fructose and glucose mixture versus only glucose does not give significant differences in skeletal muscle glycogen replication on recovery in athletes. Despite differences in recovery time and the amount of carbohydrates in the drinks in the various studies, skeletal muscle glycogen replication appears to be unaffected by any monosaccharide intake.

Conclusions

There is strong evidence that fructose and/or glucose intake does not affect the development of muscle glycogen synthesis after exhausting exercise. The total glycogen amount synthesised is the same regardless of which monosaccharide is taken, within a range of 1.2-1.5 g/kg body weight. However, side effects suggest that it is beneficial to take a mixture of sugars to reduce the risk of gastrointestinal symptoms.

Keywords: Fructose, glucose, glycogen, post-exercise, muscle, recovery, training

Ordförklaring

Ad libitum:	Efter behag
Atlet:	Forskning gjord på högpresterande personer med genomsnittligt max watt på 4,8 watt/kg i cykeltest
Fruktos:	Monosackarid som tillsammans med glukos bildar sackaros
Glukos:	Monosackarid som tillsammans med fruktos bildar sackaros
Glykogenreplikation:	Återuppbyggnad av glykogen
Glykogensyntes:	Uppbyggnad av glykogen från glukos
GRADE:	Internationellt system som används för att gradera evidensstyrka på vetenskap
Laktat:	Salter av mjölksyra som bildas vid anaerob ämnesomsättning
Långvarig träning:	Metabolic Energy Turnover > 6 i > 50 minuter
Sackaros:	Disackarid av glukos och fruktos
Skelettmuskelglykogen:	Glykogen i skelettmuskulaturen, glykogen är flera glukosmolekyler som är sammanlänkade till en polysackarid. En lagringsform av energi som kroppen kan använda vid behov t.ex. vid träning.
Synteshastighet:	Hastighet av uppbyggnad

Förkortningar

GLUT2:	Glukostransportprotein 2, passiv diffusion av alla monosackarider
GLUT5:	Glukostransportprotein 5, passiv transport som absorberar fruktos
GLUT8:	Glukostransportprotein 8, absorberar fruktos
MRS:	Magnetisk resonansspektroskopi
RCT:	Randomiserad kontrollerad studie
SBU:	Statens beredning för medicinsk utvärdering
SGLT1:	Natrium-glukostransportprotein 1, som aktivt transporterar glukos och galaktos

Innehållsförteckning

1. INTRODUKTION.....	6
1.1 BAKGRUND	6
1.1.1 SKELETTMUSKELGLYKOGEN	6
1.1.2 GLUKOS.....	6
1.1.3 FRUKTOS.....	6
1.1.4 SKELETTMUSKELGLYKOGEN MÄTNING	7
1.2 PROBLEMFÖRMULERING	7
1.3 SYFTE.....	7
1.4 FRÅGESTÄLLNINGAR.....	8
2. METOD.....	8
2.1 INKLUSIONS- OCH EXKLUSIONSKRITERIER	8
2.2 DATAINSAMLINGSMETOD	8
2.3 DATABEARBETNING.....	11
2.4 GRANSKNING AV RELEVANS OCH KVALITET	11
3. RESULTAT.....	11
3.1 ENSKILDA STUDIERS KVALITET	13
3.1.1 CASEY ET AL. 2000.....	13
3.1.2 WALLIS ET AL. 2008.....	13
3.1.3 TROMMELEN ET AL. 2016.....	14
3.1.4 FUCHS ET AL. 2016.....	14
3.1.5 ROSSET ET AL. 2017.....	15
3.2 UTFALLSMÅTT	15
3.3 EVIDENSGRADERING	15
4. DISKUSSION	16
4.1 METODDISKUSSION	16
4.2 RESULTATDISKUSSION.....	17
4.2.1 BIVERKNINGAR.....	18
4.2.2 GENERALISERBARHET	18
5. SLUTSATS	19
6. REFERENSER.....	20

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

Atleter strävar ofta efter att maximera sin prestation under träning och tävling. Vid långdistansidrotter kan det vara kort tid för återhämtning vilket ställer krav på framförallt kostintaget. Idag finns ett stort utbud på marknaden med återhämtningspreparat i olika former som bars, gels och drycker, samt många rön i media om vad som skulle fungera som bästa komponent, glukos och/eller fruktos.

1.1.1 Skelettmuskelglykogen

Glykogen är en energilagringsform som finns i muskler och lever. Skelettmuskelglykogen representerar den viktigaste bränslekällan under moderat- till högintensiv långvarig träning. Under fysisk aktivitet minskar successivt skelettmuskelglykogenivåerna eftersom det är en primär energikälla under aktivitet (1). Detta gör att det finns starka samband mellan mängden glykogen som finns lagrad i musklerna och tidpunkt för upplevd utmattning (2, 3).

Synteshastigheten av muskelglykogen efter träning beror på mängden kolhydrater som finns tillgängligt i blodbanan efter tarmabsorption. Vad som påverkar upptaget i tarmen är vilka kolhydrater som intagits oralt samt i vilket tidsspann. Tidigare studier har visat att ett jämt intag, intervaller på var 15:e till 30:e minut under återhämtningsperioden direkt efter träning, av glukos 1,2 g/kg/h är det mest optimala för skelettmuskelglykogenreplikationen (3, 4). Utan kolhydratsoptimering tar det ungefär 24 timmar för skelettmuskelglykogenlager att återhämta sig med blandkost efter utmattande träning (4, 5).

1.1.2 Glukos

Glukos är den vanligaste sockerarten i kroppen och är den kolhydrat som lättast kan användas som energikälla av alla kroppens celler. Upptaget av glukos i tarmen sker med hjälp av transportproteiner som ligger inbäddade i tarmvilli (6). Transportproteinet som tar upp glukos är SGLT1 som är en aktiv natriumberoende transport. En aktiv transport kostar en låg mängd energi när den förflyttar ett ämne från ett ställe till ett annat och kan troligtvis ha en maxfart i sin överföringshastighet (2). Glukos kan även tas upp via GLUT2, ett passivt transportprotein som aktiveras vid fysisk aktivitet. Passiv transport innebär istället att förflyttningen av ämnen sker utan kostnad. Ett högre intag än 1,2 g/kg/h glukos ökar inte muskelglykogensynteshastigheten eftersom höga intag av glukos kan leda till att SGLT1 blir mättad. Vilket innebär att transportproteinets maxhastighet är uppnådd. Tillgängligheten av glukos tros därmed begränsas av tarmglukosabsorptionen via SGLT1 (7). Efter tarmabsorption, när glukos befinner sig i blodet, krävs insulin för upptag till cellerna (undantag är hjärnan och röda blodkroppar som inte är beroende av insulin för upptag av glukos). Cellerna kan sedan använda glukos till energi eller lagra in det som glykogen (4).

1.1.3 Fruktos

Monosackariden fruktos absorberas via GLUT5 i tarmen. GLUT5 är som GLUT2 ett passivt transportprotein som inte behöver energi för att förflytta ämnen. Fruktos kan till skillnad från glukos tas upp i de flesta vävnader utan hjälp av insulin (8, 9). Fruktos kan användas för både

lever- och skelettmuskelglykogensyntes, dock är synteshastigheten vid fruktos 45 % lägre än vid glukos (4). Den maximala tarmabsorptions hastigheten för fruktos är 0,6 g/kg/h som motsvarar halva tarmabsorptions hastigheten för glukos (8). Enbart fruktos är därför relativt dåligt bränsle för skelettmuskelglykogensyntesen (9).

Fruktos metaboliseras främst i levern. Efter omvandling av fruktos frisätts det som glukos och laktat i blodet eller lagras in som leverglykogen (10). Laktat i blodbanan kan användas för glykogensyntes i skelettmuskler eller oxideras för energiutvinning (11). Skelettmuskelglykogenreplikationen har i djurstudier visats sig stimuleras av ökade laktatkoncentrationer (12).

För att sammanfatta ovanstående fakta uttrycker Blom et al. i sin studie att det sker en ökad tarmabsorption och kolhydratstillgänglighet vid en kombinerad återhämtningsdryck av de två sockerarterna glukos och fruktos. Sackaros är en naturlig sammansättning av både glukos och fruktos i lika stora delar (4).

1.1.4 Skelettmuskelglykogenmätning

Magnetisk resonansspektroskopi (MRS) kan användas för att uppskatta mängd i olika typer av vävnad inom en volym, exempelvis glykogen i muskulaturen (13). MRS baseras på principen av kärnmagnetisk resonans (NMR, nuclear magnetic resonance). Resultaten av MRS visas som ett spektrum av resonanser (14). MRS ger information om metaboliter i en given vävnadsvolym. Den biokemiska informationen erhålls under en inspelningstid på ca fem minuter (13).

Ett annat sätt att mäta muskelglykogen är genom muskelbiopsi. Vanligtvis används Bergström-nål som är en perkutan biopsiteknik som möjliggör insamlande av skelettmuskelvävnadsprover. Det kan göras snabbt och enkelt före, under och efter ett träningsstillfälle utan större risk. Flera prover kan tas i samma "hål". Bergström tog under 1960-talet fram en standardiserad nålmodell som fortfarande används med viss modifikation (15). Upp till 200 mg vävnad kan tas vid ett tillfälle hos friska individer, tekniken är säker och effektiv (16).

1.2 Problemformulering

Frågan har väckts i flera forskargrupper, om fruktos tillsammans med glukos kan ge bättre återhämtning tack vare det ökade antalet upptagsvägar i tarmen samt att fruktos metaboliseras på ett annat sätt än glukos. Kombinationen av dessa två monosackarider skulle hypotetiskt sett kunna öka skelettmuskelglykogenreplikationen genom deras olika transportvägar i kroppen. Det är tidigare klarlagt vilken mängd kolhydrater som är optimalt och i vilken hastighet, men spelar det någon roll vilken typ av kolhydrat som intas?

1.3 Syfte

Syftet med denna systematiska översiktsartikel var att undersöka effekten av fruktos- och glukosblandning jämfört med enbart glukos på återhämtningen av muskelglykogenivåer efter träning hos vuxna i åldern 18-44 år.

Sahlgrenska Akademien
vid Göteborgs Universitet
Avdelningen för invärtesmedicin och klinisk nutrition

1.4 Frågeställningar

Ger ett intag av fruktos- och glukosblandning efter träning ett högre skelettmuskelglykogenlager hos vuxna i åldern 18-44 år än enbart glukos under en begränsad återhämtningstid?

2. Metod

En systematisk litteraturundersökning har genomförts för att få fram det bästa tillgängliga vetenskapliga underlaget inom det undersökta området.

2.1 Inklusions- och exklusionskriterier

Följande kriterier användes för inklusion av artiklar: studier skall vara genomförda på vuxna (>18 år) och friska personer. Åldersspannets övre gräns är 44 år då kroppens funktioner kan skilja sig hos personer över den valda åldern. Aktuell intervention skall tillämpa intag av fruktos eller sackaros efter träning i form av dryck samt haft enbart glukos som kontroll. Alla träningsformer inkluderades och muskelglykogennivåer mättes i torr eller våt vikt. Studierna skall vara humanstudier, randomiserade kontrollerade studier, vara skrivna på engelska eller svenska samt vara publicerade under år 2000 eller senare. Publikationsintervallet valdes för att få fram det senaste inom ämnet då intresset och forskningen har varit stor de senaste årtiondena.

Följande kriterier användes för exklusion av artiklar: Studier gjorda på djur. Studier där interventionen av fruktos eller sackaros intogs före eller under träning. Artiklar där studiedeltagarna hade någon form av sjukdom samt intog interventionen i form av hela livsmedel eller tillsammans med andra substanser som exempelvis koffein eller aminosyror. Artiklar som måste köpas för att läsas i fulltext exkluderades eftersom ingen ekonomisk ersättning fanns att tillgå.

2.2 Datainsamlingsmetod

Databassökningarna genomfördes individuellt av artikelförfattarna i databaserna Pubmed, Scopus och Cochrane Library. I sökningen användes utvalda relevanta begrepp. MeSH-termer hämtades från Karolinska institutet och återfinns i tabell 1. Upprepade sökningar i samtliga tre databaser genomfördes under perioden 16-26 januari samt utökade sökningar 15-16 februari. Totalt hittades sju artiklar med adekvat titel och abstract. Litteratursökningarna finns närmare beskriven i tabell 1.

Tabell 1. Beskriver av litteratursökning

Databas	Sökord, fri sökning	Avgränsningar	Antal träffar	Antal utvalda artiklar*	Utvalda artiklar
Pubmed	Muscle glycogen AND fructose AND exercise	Publication year 2000-2018	12	6	Rosset et al. 2017(17). Trommelen et al. 2016(7). Décombaz et al. 2011(10). Maunder et al. 2017(11). Wallis et al. 2008(18). Fuchs et al. 2016(12).
Scopus	Muscle glycogen AND fructose AND exercise	Publication year 2000-2018	23	(5.)	
Pubmed	Fructose AND glycogen AND muscle	Clinical trials, 10 years, humans	4	(3.)	
Cochrane Library	Muscle glycogen AND fructose AND exercise	Publication Year 2000-2018	13	(2.)	
Scopus	Fructose AND glycogen AND muscle	Publication year 2000-2018, English, Article	222	(5.)	
Cochrane Library	Fructose AND glycogen AND muscle	Publication Year 2000-2018	5	(2.)	
Pubmed	Fructose AND glycogen AND postexercise	Clinical trials	4	(3.)	
Scopus	Fructose AND glycogen AND postexercise		13	(5.)	
Cochrane Library	Fructose AND glycogen AND postexercise		3	(2.)	
Pubmed	Fructose AND glycogen AND glucose	Clinical trials, 2000-2018	12	(3.)	
Scopus	Fructose AND glycogen AND glucose AND postexercise		14	(5.)	
Cochrane Library	Fructose AND glycogen AND glucose	Publication Year 2000-2018	9	(2.)	
Pubmed	Fructose AND glucose AND recovery	Clinical trials, 2000-2018	178	(3.)	
Scopus	Fructose AND glucose AND recovery AND exercise	Publication year 2000-2018, English, Article	24	(5.)	
Scopus	Fructose AND glucose AND recovery AND training		10	(2.)	

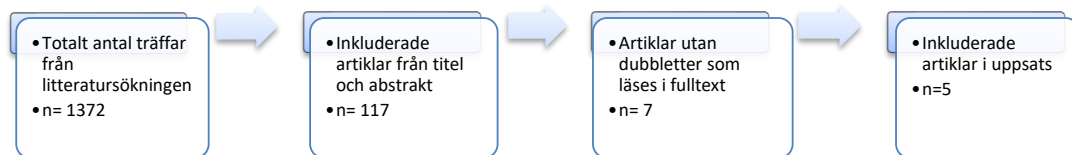
Sahlgrenska Akademien
vid Göteborgs Universitet
Avdelningen för invärtesmedicin och klinisk nutrition

Cochrane Library	Fructose AND glucose AND recovery		15	(3.)	
Pubmed	Postexercise AND recovery AND glycogen	Publication year 2000-2018	81	1(7.)	Casey et al. 2000(5).
Scopus	Postexercise AND recovery AND glycogen	Publication year 2000-2018, Article	77	(8.)	
Cochrane Library	Postexercise AND recovery AND glycogen		33	(2.)	
Pubmed	Similar articles "Postexercise Fructose-Maltodextrin Ingestion Enhances Subsequent Endurance Capacity" - Maunder et al 2017.	Publication year 2000-2018	70	(7.)	
Pubmed	Similar articles "Postexercise repletion of muscle energy stores with fructose or glucose in mixed meals" - Rosset et al. 2017	Publication year 2000-2018	97	(8.)	
Pubmed	Similar articles "Fructose Coingestion Does Not Accelerate Postexercise Muscle Glycogen Repletion" - Trommelen et al. 2016	Publication year 2000-2018	108	(7.)	
Pubmed	Similar articles "Sucrose ingestion after exhaustive exercise accelerates liver, but not muscle glycogen repletion compared with glucose ingestion in trained athletes" - Fuchs et al. 2016	Publication year 2000-2018	77	(7.)	
Pubmed	Similar articles "Fructose and galactose enhance postexercise human liver glycogen synthesis" - Décombaz et al. 2011	Publication year 2000-2018	74	(6.)	
Pubmed	Similar articles "Postexercise muscle glycogen synthesis with combined glucose and fructose ingestion" - Wallis et al. 2008	Publication year 2000-2018, Clinical trials, age 19-44 years	120	(3.)	
Pubmed	Similar articles "Effect of carbohydrate ingestion on glycogen resynthesis in human liver and skeletal muscle, measured by (13)C MRS" - Casey et a. 2000	Publication year 2000-2018	74	(5.)	
	Totalt antal träffar		1372 st.		
	Totalt antal utvalda artiklar			7 st.	

**Dubletter inom parentes*

2.3 Databearbetning

Alla titlar och relevanta titlars abstrakt läses igenom bland sökträffarna. Irrelevanta titlar och abstract som inte följde granskningskriterierna sållades bort. Artikelsökningarna resulterade i sju relevanta randomiserade kontrollerade studier. Dessa sju artiklar lästes i fulltext vilket medförde ytterligare två bortfall på grund av att eftersökta effektmått inte redovisades i resultaten. Läsningen genomfördes enskilt för att författarna inte skulle påverka varandra. Slutligen föll fem artiklar inom ramen för granskningskriterierna och därav baseras denna systematiska översiktsartikel på dessa.



Figur 1. Flödesschema över litteratursökningen.

2.4 Granskning av relevans och kvalitet

Totalt kvarstod fem randomiserade kontrollerade studier som granskades med hjälp av SBU:s (Statens beredning för medicinsk utvärdering) mall för kvalitetsgranskning av randomiserade studier. Granskningen genomfördes av författarna oberoende av varandra. Författarnas oberoende resultat jämfördes och oenigheter diskuterades. I bedömningsmallen från SBU bedömdes risk för bias genom att kontrollera fem olika steg: selektion, behandling, bedömning, bortfall, rapportering och intressekonflikter. Studierna som finns med i denna artikel bedömdes ha en studiekvalité från medelhög till hög och därmed en låg risk för bedömnings bias.

Bedömningen kring studiernas kvalitet vägdes sedan samman. För evidensgradering användes mallen ”Underlag för sammanvägd bedömning enligt GRADE”, utformad av Göteborgs Universitet. Evidensgradering utfördes av båda författarna tillsammans. Utfallsmåttet skelettmuskelglykogenreplikation granskades genom kategorierna, risk för bias, överensstämmelse mellan studierna, överförbarhet, precision och publikationsbias, dessa resultat redovisas i tabell 3. Alla studier var RCT-studier vilket gjorde att bedömningen utgick från hög evidensstyrka (++++).

3. Resultat

Resultatet av de fem studierna är nedan sammanfattade i tabell 2 och i text. Studierna inkluderar enbart män.

Sahlgrenska Akademien
 vid Göteborgs Universitet
 Avdelningen för invärtesmedicin och klinisk nutrition

Tabell 2. Översikt av de studier som har granskats

	Casey et al. 2000 Storbritannien	Wallis et al. 2008 Storbritannien	Trommelen et al. 2016 Nederländerna	Fuchs et al. 2016 Nederländerna	Rosset et al. 2017 Schweiz
Studiedesign	RCT, crossover, dubbelblindad	RCT, crossover, enkelblindad	RCT, crossover, dubbelblindad	RCT, crossover, dubbelblindad	RCT, crossover, dubbelblindad
Studiepopulation	n = 10 st män Ålder 23-27 år	n = 6 st män Ålder 24-28 år	n = 14 st män Ålder 22-34 år	n = 15 st män Ålder 18-26 år	n = 8 st män Ålder 27-31 år
Intervention	Sackaros 1g/kg Ratio 1:1	Glukos 0,8g/kg/h + fruktos 0,4g/kg/h Ratio 2:1	Glukos 1,2g/kg/h + fruktos 0,3g/kg/h Ratio 4:1	Sackaros 1,5g/kg/h Ratio 1:1	Glukos 0,6g/kg + fruktos 4,4g/kg Ratio 1:7
Kontroll	Glukos 1g/kg	Glukos 1,2g/kg/h	Glukos 1,5g/kg/h	Glukos 1,5g/kg/h	Glukos 5g/kg
Antal doser	1 dos	9 doser	10 doser	10 doser	8 doser
Tid för återhämtning	4h	4h	5h	5h	24h
Mätinstrument	MRS	Muskelbiopsi	Muskelbiopsi	MRS	MRS
Effektmått: Skelettmuskelglykogen replikation	Sackaros: 55 ± 13 → 80 ± 10 mmol/l (ökning 25) Glukos: 60 ± 12 → 92 ± 38 mmol/l (ökning 32)	Glukos + fruktos: 112 ± 16 → 267 ± 38 mmol/kg dry weight (ökning 155) Glukos: 128 ± 25 → 303 ± 46 mmol/kg dry weight (ökning 175)	Glukos + fruktos: 219 ± 107 → 289 ± 30 mmol/kg dry weight (ökning 70) Glukos: 207 ± 112 → 261 ± 198 mmol/kg dry weight (ökning 54)	Sackaros: 85 ± 27 → 140 ± 23 mmol/l (ökning 55) Glukos: 86 ± 35 → 136 ± 26 mmol/l (ökning 50)	Ökning av glykogen: Glukos + fruktos 10 ± 0,9 mmol/kg wet weight Glukos 12,3 ± 1,9 mmol/kg wet weight
P-värde	p > 0,05	p > 0,05	p = 0,757	p = 0,673	p = 0,45
Bieffekter: Mag- och tarmproblem	Saknas	Saknas	Signifikant mer mag- och tarmproblematik med glukos jmf med glukos + fruktos, n = 11 (p = 0,021)	Signifikant mer mag- och tarmproblem efter intag av glukosdrycken på alla symtom.	Saknas
Studiekvalitet	Medelhög	Medelhög till hög	Hög	Hög	Medelhög till hög

3.1 Enskilda studiers kvalitet

3.1.1 Casey et al. 2000

Effect of carbohydrate ingestion on glycogen resynthesis in human liver and skeletal muscle, measured by ¹³C MRS (5)

Studien är en dubbelblindad randomiserad kontrollerad crossover studie. Huvudsyftet var att undersöka förändringar i människans lever- och muskelglykogenreplikation efter träning samt under återhämningsperioden med intag av specifika kolhydrater. De ville undersöka skillnaden på effekt av glykogenreplikation mellan sackaros och glukos under återhämtningstiden. Studiedeltagarna var män som tränade regelbundet (5-7 gånger i veckan) och tävlade i olika sporter. Studiedeltagarna var likartade i ålder, vikt och kapacitet (V_{O_2Max}).

Studien baserades på elva stycken besökstillfällen med två veckors mellanrum. Försökspersonerna fick tydliga restriktioner om hur kost och träning skulle läggas upp under tre dagar innan varje provningstillfälle, detta för likartade individuella glykogennivåer vid varje besöks tillfälle.

Studien undersökte effekten av glukos, sackaros eller placebo, som var utan kolhydrater. Intervention och kontroll intogs efter extrem utmattning i början av den fyra timmar långa återhämningsperioden. Mängden kolhydrater i interventionsdryckerna var 1 g/kg kroppsvikt och gavs i en portion i början av återhämtningen. Sex av de tio försökspersonerna mättes med MRS för resultat av glykogennivåer i lever och muskler vid tre tillfällen, valet av dessa sex personer framgår ej.

Studien bedöms till medelhög risk för bias. Detta beror på att bortfallet inte var tillfredsställande låga samt att dessa ej redovisas tydligt. Studien tar inte heller upp biverkningar av undersökningen. Studien var dubbelblindad och randomiserad vilket resulterade i en slutlig bedömning att studiekvalitetén är medelhög.

3.1.2 Wallis et al. 2008

Postexercise muscle glycogen synthesis with combined glucose and fructose ingestion (18)

Studien är randomiserad kontrollerad crossover. Syftet var att undersöka om skelettmuskelglykogenreplikation ökar efter träning vid intag av en fruktos- och glukosblandning jämfört med enbart glukos. Detta bedömdes efter en återhämningsperiod på 4h. Studiedeltagarna var sex stycken vältränade män som alla var rutinerade långdistanscyklatleter med jämförbara kroppskompositioner.

Deltagarna infanns vid tre besökstillfällen där det första besöket var en förberedande testomgång. Studieförsöken skedde med minst sju dagars mellanrum. Försökspersonerna hade träning- och kostrestriktioner 24 h innan studieförsöken. Dryckerna som intogs efter den utmattande cyklingen var iso-kaloriska och bestod antingen av en fruktos- och glukosblandning med 30 g/h respektive 60 g/h eller glukos 90 g/h. Den totala mängden kolhydrater som intogs var 1,2 g/kg/h och var den samma i både intervention och kontroll. Under aktivitet intogs vatten ad libitum.

Intag av dryck efter utmattning, under återhämningsperioden, skedde under kontrollerade former. Den första drycken hade en storlek på 460 ml med ett ungefärligt intag av kolhydrater på 83 g. Därefter skedde kontinuerligt intag av kolhydratsdryck på 220 ml var 30:e minut med ett kolhydratsinnehåll på 40 g.

Glykogennivåerna mättes med hjälp av muskelbiopsi. Tester togs vid tre tillfällen, direkt efter utmattning (t=0 min), en timme (t= 60 min) efter utmattning och den tredje i slutet av återhämningsperioden (t=240 min).

Studien bedöms ha låg till medelhög risk för bedömningsbias och systematiska fel. Detta på grund av att det var en enkelblindad studie och att biverkningar inte rapporteras. Studien har ett lågt studiedeltagande. Studiekvaliteten bedöms vara medelhög till hög.

3.1.3 Trommelen et al. 2016

Fructose coingestion does not accelerate postexercise muscle glycogen repletion (7)

Studien av Trommelen et al. är dubbelblindad randomiserad kontrollerad crossover studie. Syftet med studien var att bedöma en kombinerad dos av glukos och fruktos vid en optimal mängd kolhydrater på muskelglykogenreplikation efter träning. Återhämningsperioden för undersökningen var fem timmar. Försökspersonerna var 14 stycken jämförbart vältränade rutinerade manliga cyklister som cyklade minst 100 km i veckan.

Studiedeltagarna utförde tre tester som separerades med en veckas mellanrum. De intog isokaloriska drycker med innehåll av antingen glukos och fruktos (1,2 g/kg/h respektive 0,3 g/kg/h), glukos och sackaros (0,9 g/kg/h respektive 0,6 g/kg/h) eller glukos (1,5 g/kg/h). Drycken intogs efter utmattande cykling i en mängd av 3,33 ml/kg var 30:e minut under 270 min. Under cyklingen fick vatten intas ad libitum. Muskelbiopsiprover genomfördes direkt efter cykling (t=0 min), efter två timmars återhämtning (t=120 min) och efter fem timmars återhämtning (t=300 min). Studiedeltagarna fick under återhämningsperioden besvara ett frågeformulär med syfte att kontrollera eventuella mag- och tarmbesvär.

Studien bedöms ha låg risk för bias. Detta grundas på att det är ett stort antal studiedeltagare utan avhopp, studien beskriver biverkningar och det är lätt att följa arbetsprocessen i undersökningen. Studiekvaliteten bedöms vara hög.

3.1.4 Fuchs et al. 2016

Sucrose ingestion after exhaustive exercise accelerates liver, but not muscle glycogen repletion compared with glucose ingestion in trained athletes (12)

Studien är dubbelblindad randomiserad kontrollerad crossover. Syftet med studien var att kontrollera om en större mängd sackaros leder till snabbare lever- och muskelglykogenreplikation jämfört med samma mängd glukos. Återhämningsperioden för undersökningen var fem timmar. MRS mätning genomfördes direkt efter utmattande cykling (t=0 min), efter två timmar (t=120 min) och efter fem timmar (t=300 min).

Studiedeltagarna var 15 stycken män. De genomförde en förberedande testomgång samt totalt två tester som var randomiserade och separerade med minst sju dagar. Inför testomgångerna fick alla deltagarna samma standardiserade måltider och restriktioner kring ansträngande träning. Studiedeltagarna fick under testomgångarna genomföra utmattande träning innan de

Sahlgrenska Akademien
vid Göteborgs Universitet
Avdelningen för invärtesmedicin och klinisk nutrition

intog interventionsdryck. Dryckerna innehöll 1,5 g/kg/h sackaros eller glukos och intogs 3,33 ml/kg var 30:e minut till $t=270$ min. Deltagarna blev ombedda att uppge mag- och tarmbesvär var 30:e min under hela återhämningsperioden.

Studien bedöms ha låg risk för bias. Bedömningen grundas på att det var ett stort antal studiedeltagare utan avhopp samt studien beskriver biverkningar. Studiekvaliteten bedöms vara hög.

3.1.5 Rosset et al. 2017

Postexercise repletion of muscle energy stores with fructose or glucose in mixed meals (17)

Dubbelblindad randomiserad kontrollerad crossover studie. Studiens huvudsyfte var att undersöka effektiviteten på iso-kaloriska "mixed-meals" som innehöll fett, protein samt antingen fruktos- och glukosblandning eller enbart glukos på skelettmuskelglykogenreplikation och intramyocellulära lipider under en 24 h period efter utmattande träning. Skelettmuskelglykogenreplikation mättes genom MRS direkt efter den utmattande träningen och efter den 24 h långa återhämningsperioden. Därefter utfördes ytterligare en utmattande träning. Experimentet genomfördes två gånger separerade med två till fyra veckor.

Innan experimenten genomfördes undersöktes försökspersonerna för att ta reda på i vilket skick de befann sig. Studiedeltagarna var elva stycken män vid start, dock hoppade två personer av på grund av mag-och tarmproblem från interventionen och en person uteslöts eftersom han inte klarade av att följa de restriktioner som fanns inför experimenten. Resultaten i studien baseras därför på 8 personer. Restriktioner som tilldelats studiedeltagarna var att de skulle sänka sina skelettmuskelglykogennivåer genom att två och en halv dag innan experimenten följa en specifik diet som tilldelades försökspersonerna genom matlådor.

Under återhämningsperioden intogs totalt åtta stycken drycker innehållande (308 ml +/- 13 ml) 5,6 g kolhydrater/kg kroppsvikt, 2,5 g fett/kg kroppsvikt och 1,9 g protein/kg kroppsvikt.

Studien bedöms ha låg till medelhög risk för bias. Bedömningen grundas i att de bortfall som skedde inte redovisades tillräckligt samt att biverkningarna som ledde till bortfallen inte mättes på ett systematiskt sätt. Studiekvaliteten bedöms vara medelhög till hög.

3.2 Utfallsmått

Studierna som har undersökts visar entydigt resultat att den sammanvägda effekten inte visar något signifikant skillnad i utfallsmått. Samtliga studier jämför fruktos- och glukosblandning med enbart glukos. Trots skillnader i tid för återhämtning och mängden kolhydrater i dryckerna tycks skelettmuskelglykogenreplikationen inte påverkas av vilken monosackarid som intas.

3.3 Evidensgradering

Det finns en hög vetenskaplig evidens (++++) för att fruktos- och glukosblandning respektive enbart glukos inte ger signifikanta skillnader på skelettmuskelglykogenreplikation på återhämtningen hos idrottande män. Evidensgradering redovisas närmare i tabell 3.

Risk för bias visar "vissa begränsningar", detta på grund av att urvalet till studierna gjordes på ett icke-randomiserat sätt. Rekryteringen av försöksdeltagarna har inte redovisats på ett adekvat sätt. Alla försökspersoner i de studierna har likartad träningskapacitet. Bortfallet i studierna var tillfredställande lågt vilket är positivt då antalet studiedeltagare i samtliga studier var lågt.

Överensstämmelsen i studierna är likartade och därför har ingen nedgradering gjorts. Den relativa effekten, storlek och riktning av studierna är jämförbara.

Överförbarhet tyder på "ingen osäkerhet". Effektmåttens relevans tyder på en jämförbar metod och adekvata uppföljningstider.

Precision bedöms till "inga problem". Konfidensintervallen har rimliga proportioner. Dock uppvisar studien av Trommelen et al. ett bredare konfidensintervall som uppmärksammas men utan ogynnsam effekt (7).

Publikationsbias baseras på entydiga resultat mellan studierna till trots vissa mindre studier med få studiedeltagare. I sin helhet skiljer sig forkargrupperna åt. Publikationsbias bedöms till "inga problem".

Tabell 3. GRADE-bedömning och sammanvägd evidens

Effektmått - Muskelglykogenreplikation		Poäng
Antal studier	5 stycken	
Antal studiedeltagare	53 stycken	4
Risk för bias	Vissa begränsningar	0
Överensstämmelse	Inga problem	0
Överförbarhet	Ingen osäkerhet	0
Precision	Inga problem	0
Publikationsbias	Inga problem	0
Evidensstyrka	HÖG	++++

4. Diskussion

4.1 Metoddiskussion

Inför denna systematiska översiktsartikel var det enkelt att hitta olika artiklar från flera olika forskargrupper vid litteratursökningen i tre olika databaser. Något som går att utläsa från metoden är att vi gjorde litteratursökningar under två sökperioder, detta eftersom vi valde att bredda vårt tidsintervall för inkluderade studier i litteratursökningen. Sökningen utökades från att gå tio år bakåt i tiden (2008) till att gå tillbaka till år 2000. De olika studierna har tittat på skelettmuskelglykogenreplikation med olika mätmetoder och med viss variation i mängd av sockerarter. Även återhämtningstiden skiljde sig åt mellan studierna, vilket gjorde det svårt att tolka den faktiska mängden syntetiserat glykogen. Vi har dock valt att fokusera på

skillnaden mellan intervention och kontroll, där bedömningen av resultaten var överensstämmande. Trots interventionsvariationen är utfallet det samma för alla studierna.

Vi valde utfallsmåttet skelettmuskelglykogenreplikation på grund av dess relevans och starka koppling till återhämtning efter träning. Högre nivåer av skelettmuskelglykogen påvisar att muskulaturen är återhämtad. Vi anser att studierna har en hög trovärdighet eftersom utgångsläget är desamma för alla studiedeltagarna när det gäller mätningen av nivån på muskelglykogen. Alla studiedeltagarna har cyklat till utmattning genom att följa ett specifikt schema som baserats på deras individuella maxtester. Tömnda skelettmuskelglykogenlager som baseras på utmattning är en tillförlitlig utgångspunkt för att kunna studera muskelglykogenreplikation. Utfallsmåttet är även säkert i relation till bias eftersom det är svårt att manipulera eller feltolkas.

Båda författarna har suttit enskilt vid litteratursökningarna vilket medför en större chans till bredd på artiklar samt att alla relevanta studier har fångats upp. Dock kan detta ha lett till en del dubbelarbete men som i slutändan blir en styrka i denna systematiska översiktsartikel. Vår frågeställning gjorde det enkelt att ta fram tydliga inklusion- och exklusionskriterier som överensstämde med det som eftersöktes i litteraturen.

Studierna som inkluderades i denna systematiska översiktsartikel har en medelhög till hög studiekvalitet enligt SBU:s mall för kvalitetsgranskning av randomiserade studier. SBU:s granskningsmall fungerade bra att använda för artikelförfattarna i och med att studierna som bedömdes hade tydliga resultat. Vi bedömer att mallen kan vara svårare att använda sig av när studierna har ett större tolkningsutrymme vid osäkra utfallsmått. De fem studierna som granskades hade förutom sin höga kvalitet också ett entydigt resultat där ingen av artiklarna motsatte sig varandra. Detta gjorde det enkelt för artikelförfattarna att använda sig av GRADE för en sammanvägd bedömning.

4.2 Resultatdiskussion

Studien av Casey et al.(5) har givit försökspersonerna i sin studie en lägre mängd kolhydrater (1 g/kg) än vad som idag tros vara maxhastigheten för upptag. Däremot har studien av Fuchs et al.(12) i sin intervention nästintill maximerat mängden kolhydrater som tilldelats studiedeltagarna (1,5 g/kg). Det var ingen skillnad i resultatet mellan kontroll och intervention i någon av de två studierna. I studien av Fuchs et al.(12) har den totala ökningen av skelettmuskelglykogen efter utmattningen varit högre än i studien av Casey et al.(5). Den ökade mängden skelettmuskelglykogen i studien av Fuchs et al.(12) tolkar vi bero på den ökade mängden kolhydrater som intagits. Van Loon och kollegor visar i en studie att ett högre intag av kolhydrater i form av glukos 1,2 g/kg/h ger en högre mängd inlagrad glykogen under samma tid jämfört med ett intag på 0,8 g/kg/h (3). Vilket även visas i studien av Casey et al.(5) som har en kontrollgrupp med placebo där skelettmuskelglykogeninlagringen är ytterst blygsam.

Den studie som sticker ut mest gällande fruktosintag är studien av Rosset et al.(17), där studiedeltagarna intog hela 4,4 g/kg kroppsvikt (samt 0,6 g glukos/kg). Ingen signifikant ökning visades i skelettmuskelglykogeninlagring men deltagarna presterade sämre under det andra träningspasset som bedrevs efter fruktos- och glukosinterventionen. När glukos och fruktos intas tillsammans kan skelettmuskelglykogenreplikationen påbörjas omedelbart i

muskulaturen med hjälp av fritt glukos samtidigt som fruktos går till levern för att metaboliseras. Det har visats en ökad leverglykogenreplikation när fruktos är tillsatt (12). Den stora skillnaden mellan att inta en blandning av glukos och fruktos jämfört med att enbart inta glukos är att kolhydratsabsorptionen blir bevisat större från tarmen. Kombinationen av de två sockerarterna i samma återhämtningsdryck kan göra att den totala tarmabsorptionen och kolhydratstillgängligheten ökar, upp till 1,6 g/kg/h, vilket är ett resultat av icke-konkurrenskraftig tarmabsorption på grund av olika upptagsvägar (7, 18, 19). Trots detta sker ingen ökad skelettmuskelglykogenreplikation. Artikelförfattarna tror att det ökade kolhydratsupptaget, till följd av tillsatt fruktos, inte ökar skelettmuskelglykogenreplikationen på grund av att fruktos inte enbart utnyttjas till skelettmuskelglykogen utan tar andra vägar i kroppen (17). Fruktos omvandlas bland annat till leverglykogen och laktat. Studien av Fuchs et al. och studien av Trommelen et al. visar en betydande ökning av laktatkoncentrationer vid intag av både glukos och fruktos (7, 12).

Resultatet i de fem studierna är signifikant lika mellan glukos- och fruktosblandningen, sackaros samt enbart glukos vilket gör att tillgängligheten för den optimala återhämtningen är enkel att uppnå vid rätt mängd kolhydrater. Det spelar ingen roll vilken av sockerarterna som intas, bara de intas i rätt mängd och hastighet, så kommer muskelglykogenreplikationen ske i likartad takt.

4.2.1 Biverkningar

Studien av Trommelen et al.(7), jämförde fruktos- och glukosblandning (fruktos 0,3g/kg/h och glukos 1,2g/kg/h) med enbart glukos (1,5g/kg/h), och studien av Fuchs et al.(12), jämförde sackaros (1,5g/kg/h) med glukos (1,5g/kg/h). De har i sina studier med biverkningar som kan uppkomma av intag i stor mängd av en specifik sockerart. Biverkningar som kan uppkomma är mag- och tarmbesvär i form av illamående, kräkningar, magsmärtor, diarré, känsla av svullenhet och rapningar. Dessa två studier visar båda signifikanta skillnader i biverkan mellan intervention och kontroll. Det tyder på att ett kombinerat intag av sockerarter är lättare att tolerera för mag- och tarmkanalen då transportvägar inte blir mättade lika lätt. Detta beror på en större upptagsförmåga i tarmen i och icke-konkurrenskraftig tarmabsorption. Vilket även är en slutsats som Jeukendrup et al. kommer fram till i sin översiktsartikel "Carbohydrate and exercise and performance: the role of multiple transportablecarbohydrates"(2). Trommelen et al.(7) skriver i sin studie och konklusion att ett stort intag av kolhydrater efter utmattande träning kan minska mag- och tarmbesvär om en del av kolhydraterna är fruktos tillsammans med glukos eller sackaros. I studien av Rosset et al.(17) nämns att två studiedeltagare hoppade av på grund av magproblem vid fruktos- och glukosinterventionen. Vi tolkar att när intag av fruktos överstiger absorptionshastigheten kan även detta ge mag- och tarmbesvär samt att träningskapaciteten kan bli påverkad. Vi rekommenderar med utgångspunkt från ovan nämnda studier att fruktos kan vara fördelaktigt att inta tillsammans med glukos.

4.2.2 Generaliserbarhet

Vi valde i våra inklusionskriterier att ha med både män och kvinnor. I denna systematiska översiktsartikel inkluderar vi enbart studier producerade under 2000-talet vilket gjorde att vi förväntade oss en mer jämställd bild av studiedeltagarna. Det blev en besvikelse när ingen av studierna som inkluderades för granskningen hade med båda könen. Vi fann i litteratursökningarna en studie där kvinnor var inkluderade, dock exkluderades denna studie

på grund av att resultatet inte hade med muskelglykogenreplikation (11). Överförbarheten till kvinnor är därför svårt att uttala sig om. Män har oftast en större andel muskelmassa som vi tror kan ha en positiv inverkan på glykogeninlagringen.

Det som går att uttala sig om är att kolhydrater måste intas för att skapa en syntes av skelettmuskelglykogen. Hur väl resultaten från dessa studier går att generalisera på en population som inte är elittränande är i dagsläget oklart. En icke-elittränande population har inte heller samma behov av att maximera sin återhämtning på grund av att de troligtvis inte tömmer sina glykogenlager under ett träningspass och att muskelmassan i relation till fettmassa är betydligt mindre. Budskapet vi kan ge till en medeltränande population är vikten av kolhydrater efter träning för återhämtning. Kolhydratbehov kan uppfyllas genom att följa rekommendationerna enligt de Nordiska Näringsrekommendationerna (20). Oberoende av träningsnivå kan strösocker vara fördelaktigt som kolhydratskälla ur ett hållbarhetsperspektiv. Strösocker är disackariden sackaros som innehåller lika stora delar av sockerarterna fruktos och glukos. Tillgängligheten av strösocker är god i dagens samhälle. I enlighet med dessa studier går det att ifrågasätta alla specialprodukter på marknaden i och med att dessa resultat tyder på likvärdig effekt av strösocker. Ett minskat utbud av gels, bars och drycker skulle hypotetiskt sätt kunna minska belastningen på miljön och minska svinn.

Globalt sett kan vi inte uttala oss om att detta går att tillföra över hela världen då studierna utförts i välfärdsländer i Europa. Fler studier kring med större könstillhörighet, etnicitet och bredare åldersspann behövs för ett säkrare uttalande. Alla i samhället har enligt artikel 27 i FN:s mänskliga rättigheter rätt att få ta del av vetenskapens framsteg. "Var och en har rätt att delta i samhällets kulturella liv, att njuta av konst samt att få ta del av vetenskapens framsteg och dess förmåner"(21).

5. Slutsats

Det finns stark evidens för att intag av fruktos- och glukosblandning eller enbart glukos inte spelat någon roll i uppbyggnad av muskelglykogen efter träning hos män. Den totala skelettmuskelglykogenreplikationen blir likvärdig vid ett kolhydratsintag som beräknas på kroppsvikten, 1,2-1,5 g/kg/h, oavsett sockerart. Dock tyder biverkningar på att det är fördelaktigt att inta en blandning av sockerarter för att minska risken för mag- och tarmbesvär.

6. Referenser

1. Bergstrom J, Hultman E. A study of the glycogen metabolism during exercise in man. *Scandinavian journal of clinical and laboratory investigation*. 1967;19(3):218-28.
2. Jeukendrup AE. Carbohydrate and exercise performance: the role of multiple transportable carbohydrates. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*. 2010;13(4):452-7.
3. van Loon LJ, Saris WH, Kruijshoop M, Wagenmakers AJ. Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate mixtures. *The American journal of clinical nutrition*. 2000;72(1):106-11.
4. Blom PC, Hostmark AT, Vaage O, Kardel KR, Maehlum S. Effect of different post-exercise sugar diets on the rate of muscle glycogen synthesis. *Medicine and science in sports and exercise*. 1987;19(5):491-6.
5. Casey A, Mann R, Banister K, Fox J, Morris PG, Macdonald IA, et al. Effect of carbohydrate ingestion on glycogen resynthesis in human liver and skeletal muscle, measured by (13)C MRS. *American journal of physiology Endocrinology and metabolism*. 2000;278(1):E65-75.
6. Kari C Toverud OS, Øystein V Sjaastad, Egil Haug, Jan G Bjålie., *Människokroppen Stockholm: Liber; 2006*.
7. Trommelen J, Beelen M, Pinckaers PJ, Senden JM, Cermak NM, Van Loon LJ. Fructose Coingestion Does Not Accelerate Postexercise Muscle Glycogen Repletion. *Medicine and science in sports and exercise*. 2016;48(5):907-12.
8. Jeukendrup AE. Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif)*. 2004;20(7-8):669-77.
9. Shi X, Schedl HP, Summers RM, Lambert GP, Chang RT, Xia T, et al. Fructose transport mechanisms in humans. *Gastroenterology*. 1997;113(4):1171-9.
10. Decombaz J, Jentjens R, Ith M, Scheurer E, Buehler T, Jeukendrup A, et al. Fructose and galactose enhance postexercise human liver glycogen synthesis. *Medicine and science in sports and exercise*. 2011;43(10):1964-71.
11. Maunder E, Podlogar T, Wallis GA. Postexercise Fructose-Maltodextrin Ingestion Enhances Subsequent Endurance Capacity. *Medicine and science in sports and exercise*. 2017.
12. Fuchs CJ, Gonzalez JT, Beelen M, Cermak NM, Smith FE, Thelwall PE, et al. Sucrose ingestion after exhaustive exercise accelerates liver, but not muscle glycogen repletion compared with glucose ingestion in trained athletes. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md : 1985)*. 2016;120(11):1328-34.
13. Bakken IJ, Skjetne T, Gribbestad IS, Kvistad KA. [In vivo magnetic resonance spectroscopy]. *Tidsskrift for den Norske laegeforening : tidsskrift for praktisk medicin, ny raekke*. 2002;122(14):1365-8.
14. Gujar SK, Maheshwari S, Bjorkman-Burtscher I, Sundgren PC. Magnetic resonance spectroscopy. *Journal of neuro-ophthalmology : the official journal of the North American Neuro-Ophthalmology Society*. 2005;25(3):217-26.
15. Shanely RA, Zwetsloot KA, Triplett NT, Meaney MP, Farris GE, Nieman DC. Human skeletal muscle biopsy procedures using the modified Bergstrom technique. *Journal of visualized experiments : JoVE*. 2014(91):51812.

16. Evans WJ, Phinney SD, Young VR. Suction applied to a muscle biopsy maximizes sample size. *Medicine and science in sports and exercise.* 1982;14(1):101-2.
17. Rosset R, Lecoultre V, Egli L, Cros J, Dokumaci AS, Zwyzgart K, et al. Postexercise repletion of muscle energy stores with fructose or glucose in mixed meals. *The American journal of clinical nutrition.* 2017;105(3):609-17.
18. Wallis GA, Hulston CJ, Mann CH, Roper HP, Tipton KD, Jeukendrup AE. Postexercise muscle glycogen synthesis with combined glucose and fructose ingestion. *Medicine and science in sports and exercise.* 2008;40(10):1789-94.
19. Baur DA, Schroer AB, Luden ND, Womack CJ, Smyth SA, Saunders MJ. Glucose-fructose enhances performance versus isocaloric, but not moderate, glucose. *Medicine and science in sports and exercise.* 2014;46(9):1778-86.
20. Nordic Council of Ministers. *Nordic Nutrition Recommendations 2012.* Denmark: Nordic Council of Ministers; 2014.
21. Utrikesdepartementet Jo. FN:s konventioner om mänskliga rättigheter. *Mänskligarättigheter.se*2006, Hämtad 180225.