ISPAD क्लिनिकल प्रैक्टिस सर्वसम्मति दिशानिर्देश 2022

डायबिटीज़ से पीड़ित बच्चों और किशोरों के लिए व्यायाम

Peter Adolfsson[1,2] | Craig E. Taplin[3,4,5] | Dessi P. Zaharieva[6] | John Pemberton[7] | Elizabeth A. Davis[3,4,5] | Michael C. Riddell[8] | Jonathan McGavock[9,10,11,12] | Othmar Moser[13,14] | Agnieszka Szadkowska[15] | Prudence Lopez[16,17] | Jeerunda Santiprabhob[18,19] | Elena Frattolin[20] | Gavin Griffiths[21] | Linda A. DiMeglio[22]

[1]Department of Pediatrics, Kungsbacka Hospital, Sweden.
[2]Institute of Clinical Sciences, Sahlgrenska Academy, University of Gothenburg, Sweden.
[3]Department of Endocrinology and Diabetes, Perth Children's Hospital, Australia.
[4]Telethon Kids Institute, University of Western Australia, Australia.
[5]Centre for Child Health Research, University of Western Australia, Perth, Australia.
[6]Division of Endocrinology, Department of Pediatrics, Stanford University, School of Medicine, Stanford, CA, USA.
[7]Department of Endocrinology and Diabetes, Birmingham Women's and Children's Hospital, Birmingham, England.
[8]Muscle Health Research Centre, York University, Toronto, ON, Canada.
[9]Faculty of Kinesiology and Recreation Management, University of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada.
[10]Diabetes Research Envisioned and Accomplished in Manitoba (DREAM) Theme, Children's Hospital Research Institute of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada.
[11]Department of Pediatrics and Child Health, Faculty of Health Sciences, University of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada.
[12]Diabetes Action Canada SPOR Network, Toronto, ON, Canada.
[13]Division Exercise Physiology and Metabolism, Department of Sport Science, University of Bayreuth, Bayreuth, Germany
[14]Interdisciplinary Metabolic Medicine Trials Unit, Division of Endocrinology and Diabetology, Department of Internal Medicine, Medical University of Graz, Graz, Austria.
[15]Department of Pediatrics, Diabetology, Endocrinology & Nephrology
Medical University of Lodz, Lodz, Poland.
[16]Department of Paediatrics, John Hunter Children's Hospital, Newcastle, New South Wales, Australia.
[17]University of Newcastle, Newcastle, New South Wales, Australia.
[18]Siriraj Diabetes Center, Faculty of Medicine Siriraj Hospital Mahidol University, Bangkok, Thailand.
[19]Division of Endocrinology and Metabolism, Department of Pediatrics, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok, Thailand.
[20]Board of Diabete Italia, Vicepresident of Diabete Forum.
[21]Founder of DiAthlete & League of DiAthlete global programme.
[22]Department of Pediatrics, Division of Pediatric Endocrinology and Diabetology, Indiana University School of Medicine, Riley Hospital for Children, Indianapolis, IN, USA.

हितों के टकराव: PA को पिछले 24 महीनों में डेक्सकॉम, एली लिली, इन्सुलेट, नोवो नॉर्डिस्क, सनोफी और टैंडम से स्पीकर का मानदेय मिला है। उन्हें डेक्सकॉम, एली लिली, मेडट्रोनिक, नोवो नॉर्डिस्क और रोश में परामर्श शुल्क और/या सलाहकार पद मिले हैं।
CET को मेडट्रोनिक डायबिटीज़ ऑस्ट्रेलिया, इन्सुलेट ऑस्ट्रेलिया और एली लिली ऑस्ट्रेलिया से मानदेय मिला है।
DPZ को मेडट्रोनिक डायबिटीज़, एसेंसिया डायबिटीज़ और इन्सुलेट कनाडा से स्पीकर का मानदेय; और हेल्मसले चैरिटेबल ट्रस्ट और ISPAD-JDRF रिसर्च फ़ैलोशिप से अनुसंधान सपोर्ट मिला है। वे डेक्सकॉम सलाहकार बोर्ड में भी हैं।
JP ने 2011 से 2016 तक मेडट्रोनिक के लिए काम किया है और 2017 और 2019 में डेक्सकॉम की ओर से प्रायोजित दो सिग्मा CGM शैक्षिक ईवेंट में भाग लिया है।
EAD को पिछले 24 महीनों में एली लिली ऑस्ट्रेलिया से मानदेय मिला है।
MCR को पिछले 24 महीनों में नोवो नॉर्डिस्क, एली लिली, डेक्सकॉम और रोश से स्पीकर का मानदेय मिला है। उन्हें जीलैंड फार्म, ज़ुकारा थेरेप्यूटिक्स, एली लिली, और इंडिगो डायबिटीज़ में परामर्श शुल्क और/या सलाहकार पद मिले हैं।
JMcG, कोई नहीं।

OM को मेडट्रोनिक, सनोफी, नोवो नॉर्डिस्क और TAD फार्मा से स्पीकर का मानदेय मिला है। अनुसंधान वित्त पोषण/सपोर्ट: नोवो नॉर्डिस्क, सनोफी, एबॉट, मेडट्रोनिक, डेक्सकॉम, मैसेल, हॉराइजन 2020, EFSD।

AS को मेडट्रोनिक डायबिटीज़, एसेन्सिया डायबिटीज़, एबट, डेक्सकॉम, रोश डायबिटीज़, नोवोनॉर्डिस्क, एली लिली, सनोफी से स्पीकर का मानदेय मिला है, जो मेडट्रोनिक डायबिटीज़, एसेन्सिया डायबिटीज़, एबॉट, डेक्सकॉम, रोश डायबिटीज़, नोवोनॉर्डिस्क, एली लिली के लिए सलाहकार बोर्ड के सदस्य रहे हैं, और रोश डायबिटीज़ से रिसर्च के लिए फ़ंडिंग मिली है।

PL, कोई नहीं।

JS को सनोफी, नोवो नॉर्डिस्क और फेरिंग से स्पीकर का मानदेय मिला है और लिराग्लूटाइड तथा नॉर्डिट्रोपिन (नोवो नॉर्डिस्क) के थाईलैंड सलाहकार बोर्ड के सदस्य रहे हैं।

EF, कोई नहीं।

GG, कोई नहीं।

1. नया या अलग क्या है

- पिछले दिशानिर्देश के बाद से, डायबिटीज़ प्रबंधन और शारीरिक गतिविधि (PA) के क्षेत्र में प्रगति हुई है।[1] ई-पुस्तक में PA और टाइप 1 डायबिटीज़ (T1D) के बारे में दस लेख प्रकाशित किए गए हैं[2] और इस पुस्तक में ज्ञान और अनुसंधान में महामारी विज्ञान संबंधी साक्ष्य और कमियों की हाल ही में समीक्षा की गई है (खंड 6)।[3] PA के लिए उम्र, लिंग, और शारीरिक फ़िटनेस पर आधारित ग्लूकोज़ का प्रभाव[4], तथा व्यायाम परामर्श के लिए संरचित उपागम (खंड 3)[5] पेश किया गया था। अंत में, PA के संबंध में तकनीकी प्रगति के लाभ और सीमाओं का वर्णन उसी संकलन में किया गया है।[6] ध्यान दें, बहुत से नए डेटा बाल चिकित्सा आबादी के बजाय वयस्क से प्राप्त किए गए थे।
- इस दिशानिर्देश[7] में तीव्र हाइपरग्लाइसीमिया के प्रभावके यादृच्छिक नियंत्रित ट्रायल (RCT) के आधार पर T1D से पीड़ित रहने वाले एथलीटों के लिए ग्लूकोज़ प्रबंधन हेतु रणनीतियों पर केंद्रित एक नया थीम शामिल है। एथलीटों के लिए सामान्य थेरेपी की सिफ़ारिशों[8] का वर्णन किया गया था और बाद में T1D वाले प्रतिस्पर्धी एथलीटों के बारे में समीक्षा प्रकाशित की गई थी (खंड 5 और 8)।[9]
- 2018 में पिछले दिशानिर्देश के बाद से, कई तकनीकी गतिविधियों को इन नए दिशानिर्देशों में शामिल किया गया है (खंड 7)। खास तौर पर, एक अंतर्राष्ट्रीय समूह ने एक स्थिति विवरण जारी किया जो वास्तविक समय में सतत ग्लूकोज़ की निगरानी (CGM) तथा अनियमित रूप से स्कैन किए गए CGM (isCGM) का उपयोग करके व्यायाम से पहले, इसके दौरान, तथा इसके बाद ग्लूकोज़ प्रबंधन के लिए व्यावहारिक उपागम प्रदान करता है(खंड 6)।[10] इसके अलावा, PA और RCT के संबंध में बंद-लूप सिस्टम की जांच की गई है, जो PA (खंड 7) के संबंध में इष्टतम ग्लाइसीमिया की दिशा में शुरुआती कदम दिखाते हैं।[11-16]

2. अधिशासी सारांश और अनुशंसाएं

यह एक व्यावहारिक दिशानिर्देश है, जिसका उद्देश्य संसाधन-संपन्न के साथ-साथ संसाधन-सीमित सेटिंग्स दोनों में लागू किया जाना है (बाद में सीमित संसाधन सेटिंग्स में डायबिटीज़ से पीड़ित बच्चों और किशोरों के प्रबंधन के बारे में ISPAD 2022 सर्वसम्मति दिशानिर्देश अध्याय 25 में अधिक व्यापक रूप से कवर किया गया है)। डायबिटीज़ होने पर व्यायाम का प्रबंधन करना चुनौतीपूर्ण होता है। इसलिए, प्रस्तावित सिद्धांतों को सिर्फ़ दिशानिर्देश के रूप में इस्तेमाल किया जाना चाहिए तथा हर बच्चे और/या किशोर की विशिष्ट जरूरतों के अनुरूप तैयार किए जाने चाहिए।

- व्यायाम T1D और टाइप 2 डायबिटीज़ (T2D) से पीड़ित बच्चों और किशोरों के लिए कार्डियोमेटाबोलिक जोखिम कारकों के प्रबंधन और उन्हें कम करने के लिए व्यायाम ज़रूरी है। T1D और T2D से पीड़ित बच्चों और किशोरों को हर दिन अनुशंसित 60 मिनट की मध्यम से लेकर जोरदार तीव्रता की PA प्राप्त करने के लिए प्रोत्साहन और सहायता की ज़रूरत होती है। **B**
- T1D और T2D से पीड़ित बच्चों और किशोरों के लिए नेमी डायबिटीज़ की देखभाल के हिस्से के रूप में व्यायाम पर नियमित रूप से चर्चा करने की सिफारिश की जाती है। **E**
- इंसुलिन संवेदनशीलता में बढ़ोतरी के कारण व्यायाम के दौरान, इसके तुरंत बाद, और 24 घंटे तक हाइपोग्लाइसीमिया का खतरा बढ़ जाता है। **A**
- पूर्ववर्ती 24 घंटों में गंभीर हाइपोग्लाइसीमिया का इतिहास आम तौर पर व्यायाम के लिए एक निषेध करता है। **A**
- सभी प्रकार के शारीरिक व्यायाम के दौरान उच्च ग्लाइसीमिक इंडेक्स कार्बोहाइड्रेट, हाइपोग्लाइसीमिया को रोकने और उसका उपचार करने के लिए उपलब्ध होना चाहिए। **E**
- रक्त ग्लूकोज़ (SMBG) की स्व-निगरानी, isCGM या CGM अंतराल में सुधार करने और मधुमेह वाले सभी बच्चों और किशोरों में व्यायाम के दौरान और इसके बाद हाइपोग्लाइसीमिया को रोकने के लिए ज़रूरी है। **A**
- उपयोगकर्ता और अभिभावक, दोनों की मदद के लिए CGM के साथ पसंदीदा तौर-तरीके से T1D से पीड़ित बच्चों और किशोरों के लिए व्यायाम के दौरान CGM के उपयोग की दृढ़ता से सिफारिश की जाती है, क्योंकि हाइपोग्लाइसीमिया और हाइपरग्लाइसीमिया के लक्षणों का पता लगाना मुश्किल हो सकता है। **A**
- लंबे समय तक एरोबिक व्यायाम के दौरान CGM लैग्स। यह सुझाव दिया जात है कि अगर हाल ही में पूर्ववर्ती या वर्तमान हाइपोग्लाइसीमिया नोट किया गया हो, तो ग्लूकोज़ के स्तर की पुष्टि कैपिलरी फ़िंगरस्टिक माप के मुताबिक की जाती है। **A**
- इंसुलिन समायोजन और पोषण रणनीतियों की एक विस्तृत रेंज को 5.0-15.0 mmol/L या 90-270 mg/dL की व्यायाम रेंज में ग्लूकोज़ स्तर बनाए रखने के लिए उपयोग किया जा सकता है और व्यायाम प्रेरित-हाइपोग्लाइसीमिया को रोक सकता है। **A**
- आदर्श रूप से, कीटोन के स्तर मूत्र के बजाय रक्त का सैंपल लेकर मापा जाता है, जिसकी आम तौर पर T1D से पीड़ित बच्चों और किशोरों के लिए व्यायाम करने से पहले सिफारिश की जाती है, यदि ग्लूकोज़ के मान संभावित इंसुलिन की कमी का संकेत देते हैं, क्योंकि व्यायाम से पहले बढ़ा हुआ कीटोन का स्तर संभावित जोखिम पैदा करता है। **D**
- T1D और T2D से पीड़ित बच्चों और किशोरों के लिए व्यायाम, ब्लड कीटोन ≥ 1.5 mmol/L या मूत्र कीटोन की उपस्थिति में निषिद्ध है: 2+ या 4.0 mmol/L। यदि ब्लड कीटोन का स्तर 0.6 और 1.4 mmol/L के बीच है, तो व्यायाम को तब तक स्थगित कर दिया जाना चाहिए, जब तक कि बढ़े हुए कीटोन के स्तर का मूल्यांकन नहीं किया गया हो और इंसुलिन बोलस की खुराक को सामान्य व्यक्तिगत सुधार खुराक (या 0.05 U/किलो) के आधे के बराबर दिया जाता है। **B**

- व्यायाम के संबंध में, उपयोग किए जाने वाले कार्बोहाइड्रेट का प्रकार और मात्रा विशिष्ट गतिविधि के अनुरूप होनी चाहिए। **B**
- मध्यम तीव्रता वाली एरोबिक गतिविधि, जैसे कि भोजन के बीच 15 से 45 मिनट तक चलना और साइकिल चलाना, सुरक्षित रूप से ग्लूकोज़ लेवल > 10.5 mmol/L (190 mg/dL) कम करता है। **B**
- व्यायाम से पहले और इसके दौरान अल्कोहल का सेवन करने से बचना चाहिए, क्योंकि यह हाइपोग्लाइसीमिया जोखिम को बढ़ा सकता है, और प्रदर्शन को खराब कर सकता है, जिसमें व्यायाम के बाद रात्रिकालीन हाइपोग्लाइसीमिया शामिल है। **A**
- इंसुलिन को उन स्थानों में लगाया जाना चाहिए, जो मांसपेशियों के संकुचन में सक्रिय रूप से शामिल नहीं हैं। **B**
- अधिकतर एरोबिक व्यायाम के लिए इंसुलिन खुराक समायोजन की आवश्यकता होती है, लेकिन बहुत अधिक तीव्रता या एनारोबिक व्यायाम के लिए कम संभावना होती है, जो आम तौर पर ऊंचे ग्लूकोज़ के स्तर से जुड़ा होता है। ऐसी परिस्थितियों में हाइपरग्लाइसीमिया के लिए व्यायाम के बाद इंसुलिन सुधार पर विचार किया जा सकता है। **B**
- हाइब्रिड बंद लूप (HCL) स्वचालित इंसुलिन डिलीवरी के साथ इंसुलिन पंप सहित, हाल की प्रौद्योगिकी की प्रगति, T1D से प्रभावित बच्चों और किशोरों के लिए व्यायाम के संबंध में लाभ प्रदान करती है। व्यायाम के दौरान इष्टतम उपयोग अभी तक अज्ञात है और नई प्रणालियों को व्यक्तिगत उपागम की जरूरत होगी, लेकिन PA के बाद और विशेष रूप से रात में कम हाइपो और हाइपरग्लाइसीमिया के लाभ स्पष्ट हैं। **B**
- T1D और T2D से पीड़ित बच्चों और किशोरों में काफी अस्थिर डायबिटीज़, लगातार गंभीर डायबिटीज़ संबंधी जटिलताओं (गंभीर हाइपोग्लाइसीमिया, आवर्तक कीटोएसिडोसिस) या बीमारी की उन्नत पुरानी जटिलताओं को कम करना चाहिए या जोरदार व्यायाम तब तक नहीं करना चाहिए, जब तक कि चयापचय नियंत्रण में सुधार नहीं होता और विशिष्ट व्यायाम प्रबंधन योजना नहीं बनाई जाती। प्रोलिफ़ेरेटिव रेटिनोपैथी से प्रभावित लोगों में उच्च तीव्रता वाले व्यायाम को आम तौर पर प्रतिबंधित किया जाता है। **C**
- पिछले 24 घंटों के अंदर गंभीर हाइपोग्लाइसीमिया या आवर्तक पूर्ववर्ती हाइपोग्लाइसीमिया का एक वाकया PA, C के लिए अस्थायी निषेध है, जैसा कि हाइपरग्लेसीमिया ≥ 15.0 mmol/L (≥ 270 mg/dL) सहवर्ती कीटोनीमिया/कीटोनुरिया के साथ इंसुलिन की कमी, D तीव्र चोट या संक्रमण के कारण होता है। **C**

ध्यान दें, इस दिशानिर्देश में बहुत सी सिफारिशें T1D से पीड़ित वयस्कों में अध्ययन से प्राप्त आंकड़ों पर आधारित हैं। इसलिए, बच्चों और युवाओं के चिकित्सकों और देखभाल करने वालों को साक्ष्य लागू करना चाहिए और जहां आवश्यक हो वहां स्थानीय संदर्भ के आधार पर इसे अनुकूलित करना चाहिए। इसके अलावा, बहुत से अध्ययन मुख्य रूप से पुरुष प्रतिभागियों में किए गए हैं, और इसलिए सबूत सार्वभौमिक रूप से महिलाओं पर लागू नहीं किए जा सकते। इसके अलावा, ये सिफारिशें सामान्य हैं, और यह स्पष्ट किया जाना चाहिए कि व्यायाम के लिए शारीरिक प्रत्युत्तर व्यक्तिगत होते हैं और इस प्रकार इष्टतम प्रबंधन एक ही व्यक्ति के भीतर अलग-अलग और संदर्भ के मुताबिक अलग-अलग हो सकता है। ऊपर की ग्रेडिंग में इन अनिश्चितताओं को दिखाया गया है।

3. परिचय

नियमित PA डायबिटीज़ प्रबंधन की आधारशिलाओं में से एक है[17,18]। इसके बावजूद, पिछले कुछ वर्षों में, कई देशों में बच्चों में PA का स्तर कम हो गया है, जिसमें युवाओं की वैश्विक आबादी का < 10% वर्तमान 24 घंटे की गतिविधि के दिशानिर्देशों को पूरा करता है[19]। घटे हुए PA के अलावा, बॉडी मास इंडेक्स (BMI) में वृद्धि और ऑक्सीजन की क्षमता में कमी (शारीरिक फ़िटनेस का संकेतक) T1D और T2D वाले युवाओं में देखा गया है, जिसके परिणामस्वरूप हृदय रोग का जोखिम बढ़ता है। [20-24] परिणामस्वरूप, इन परिणामों के लिए कुछ प्रकार की कार्रवाई की आवश्यकता होती है, क्योंकि PA का स्तर प्रायः बचपन से वयस्कता में आगे बढ़ता रहता है। [25,26]

सभी युवाओं में नियमित PA के स्पष्ट शारीरिक और मानसिक स्वास्थ्य लाभ हैं। इसलिए, वर्तमान में विश्व स्वास्थ्य संगठन इन दिशानिर्देशों का सुझाव देते हैं कि। [27]

- बच्चों और किशोरों को प्रतिदिन कम से कम 60 मिनट मध्यम से जोरदार तीव्रता वाले व्यायाम, प्राथमिक रूप से एरोबिक, सप्ताह भर में PA करना चाहिए।
- जोरदार तीव्रता वाले एरोबिक व्यायाम और ऐसे व्यायाम करने से मांसपेशियां और हड्डी मजबूत होती है। इस व्यायाम को सप्ताह में कम से कम तीन दिन करना चाहिए।
- बच्चों और किशोरों को बैठे रहने में व्यतीत होने वाले समय की मात्रा, विशेष रूप से मनोरंजक स्क्रीन के समय की मात्रा को सीमित करना चाहिए।

यह आश्चर्य की बात नहीं है कि पुरानी बीमारियों से पीड़ित बच्चों में PA के लाभों को भी दिखाया गया है।

T1D और T2D से पीड़ित युवाओं में नियमित PA के कई शारीरिक और मानसिक स्वास्थ्य लाभ होते हैं, जिनमें नीचे दी गई चीज़ें शामिल हैं: [28-35]

- विशेष रूप से बच्चों और किशोरों में, बेसलाइन HbA1c स्तर और PA की मात्रा के आधार पर लगभग 0.3-0.5% तक HbA1c कम करना
- समयपूर्व सभी कारणों और कार्डियोवैस्कुलर मृत्यु दर का जोखिम कम करना
- बढ़ी हुई कार्डियोवैस्कुलर और कार्डियोरेस्पिरेटरी फ़िटनेस
- बढ़ी हुई मांसपेशी द्रव्यमान और ताकत
- मोटापा कम होना
- बढ़ी हुई अस्थि खनिज सघनता
- बेहतर इंसुलिन संवेदनशीलता
- बेहतर कार्डियोवैस्कुलर जोखिम प्रोफ़ाइल
- समग्र कल्याण की बेहतर भावना
- नव निदान डायबिटीज़ मेलिटस से पीड़ित बच्चों में सुधार का समय बढ़ सकता है

इन फायदों के बावजूद, डायबिटीज़ वाले या बिना डायबिटीज़ वाले बहुत कम लोग PA से जुड़े इन सिफारिशों को पूरा कर पाते हैं। सात साल से कम उम्र के T1D से पीड़ित बच्चे, समान उम्र के बिना T1D वाले बच्चों की तुलना में कम दैनिक PA में शामिल होते हैं। [36] T1D [45] से पीड़ित बहुत से किशोर और विशेष रूप से T2D [46] से पीड़ित किशोरों में निष्क्रिय व्यवहार की उच्च दर होती है तथा बिना डायबिटीज़ वाले युवाओं की तुलना में कम मध्यम से लेकर जोरदार PA में शामिल होते हैं। [37] इस प्रकार, सामान्यतः डायबिटीज़ से पीड़ित बच्चे और किशोर अपने समकक्षों की तुलना में शारीरिक रूप से कम सक्रिय हो सकते हैं। [37,38] सामान्य आबादी में, कारण बहुक्रियाशील हैं: समय की कमी, कम प्रेरणा, सुविधाओं के लिए एक्सेस [39,40,] अथवा विकलांगता। [41] डायबिटीज़ से पीड़ित युवाओं के लिए बाधाएं समान हैं, लेकिन प्रबंधन के लिए कई रोग-विशिष्ट बाधाएं भी हैं। इनमें आवर्तक हाइपोग्लाइसीमिया तथाहाइपोग्लाइसीमिया का डर, उन्नत HbA1c तथा/अथवा उन्नत ग्लाइसीमिक परिवर्तनशीलता, शरीर की छवि के साथ समस्याएं, आवश्यक योजना, माता-पिता की हिचकिचाहट, स्वास्थ्य के सामाजिक निर्धारक, तथा व्यायाम और डायबिटीज़ के क्षेत्र में ज्ञान की सामान्य कमी शामिल हैं। [42,43]

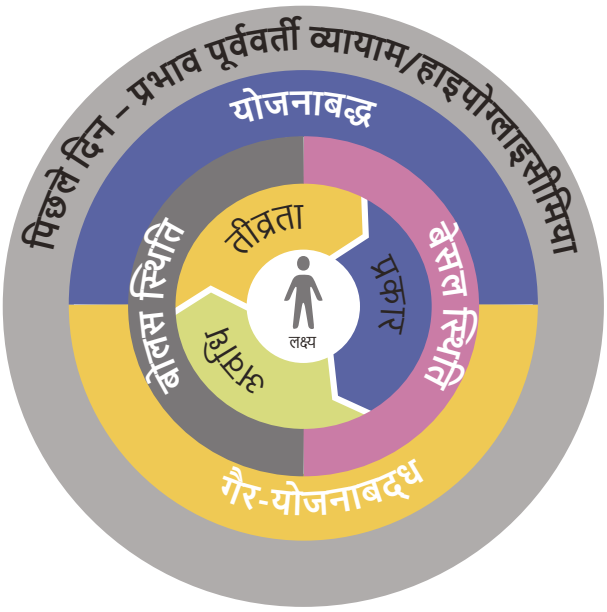
डायबिटीज़ से पीड़ित बच्चों और किशोरों के जीवन में नियमित व्यायाम और PA को शामिल करना चुनौतीपूर्ण है क्योंकि 'एक आकार सभी के लिए उपयुक्त' उपागम नहीं है। स्वास्थ्य देखभाल के पेशेवरों को डायबिटीज़ से पीड़ित बच्चों

और किशोरों तथा उनकी देखभाल करने वालों को नए व्यवहार को अपनाने और बनाए रखने के लिए प्रेरित करने और सलाह देने में आत्मविश्वास महसूस करना चाहिए, और आवश्यक संसाधन होना चाहिए, तथा युवा लोगों सशक्त बनाना चाहिए, ताकि PA और अपने दैनिक जीवन और स्व-प्रबंधन योजनाओं में व्यायाम को शामिल कर सकें। PA और बाल चिकित्सा डायबिटीज़ से संबंधित ज्ञान में अभी भी कई कमियां हैं। इनमें RCT की कमी और विभिन्न उम्र तथा लिंग के लोगों में पर्याप्त क्रमिक माप का उपयोग करके बड़े संभावित कॉहोर्ट अध्ययन शामिल हैं, जो डायबिटीज़-विशिष्ट और सामान्य स्वास्थ्य संबंधी परिणामों के आधार पर PA की उचित "खुराक" को स्पष्ट कर सकते हैं। जैसे-जैसे नई प्रौद्योगिकियाँ उपलब्ध होती हैं, कार्डियोमेटाबोलिक समापन बिंदुओं और मनोवैज्ञानिक परिणामों पर उन्हें नियमित व्यायाम और PA व्यवहारों में शामिल करने के प्रभाव को समझने के लिए अध्ययन करने की ज़रूरत होती है। अंत में, जब PA और डायबिटीज़ के बारे में अध्ययन की योजना बनाई जाती है और कार्यान्वित की जाती है, तब व्यक्ति-केंद्रित देखभाल और व्यक्ति-उन्मुख शोध के वर्तमान युग में डायबिटीज़ से पीड़ित व्यक्तियों, उनके साथियों और देखभाल करने वालों को शामिल करना आवश्यक होगा।[3]

इन दिशानिर्देश में T1D और T2D से पीड़ित बच्चों और किशोरों के लिए व्यायाम और डायबिटीज़ के कई व्यापक पहलू शामिल हैं। इन सिफारिशों को इस तरह डिजाइन किया गया है, ताकि स्वास्थ्य देखभाल पेशेवरों को प्रारंभिक बिंदु के रूप में सेवा प्रदान कर सकें, जिससे विशिष्ट व्यायाम परिदृश्यों और डायबिटीज़ प्रबंधन के लिए व्यायाम प्रबंधन की अधिक विस्तृत वैयक्तिकरण के लिए प्रगति की अनुमति मिलती है।

4. परामर्श और सहायता के लिए उपागम

आकृति 1. व्यायाम परामर्श के लिए संरचित उपागम (चेट्टी और अन्य द्वारा मूल कार्य)5। कॉपीराइट © 2019 चेट्टी, शेट्टी, फोरनियर, एडॉल्फसन, जोन्स और डेविस। यह क्रिएटिव कॉमन्स एट्रिब्यूशन लाइसेंस (CC BY) की शर्तों के तहत वितरित ओपन एक्सेस वाला लेख है। अन्य फोरम में उपयोग, वितरण या पुनः प्रस्तुत करने की अनुमति है, बशर्ते मूल लेखक (लेखकों) और कॉपीराइट स्वामी (स्वामियों) को श्रेय दिया जाए और इस पत्रिका में मूल प्रकाशन को स्वीकृत शैक्षणिक प्रथा के अनुसार दर्शाया जाए। इन शर्तों का अनुपालन न करने पर किसी भी उपयोग, वितरण या पुनः प्रस्तुत करने की अनुमति नहीं है।



डायबिटीज़ से पीड़ित युवाओं के लिए क्लिनिकल परामर्श और व्यायाम की योजना के लिए संरचित उपागम को तार्किक चरणबद्ध प्रक्रिया की जरूरत होती है। सबसे पहले, वैयक्तिकृत PA लक्ष्यों की खोज और व्यायाम फिजियोलॉजी और अपेक्षित ग्लाइसीमिक एक्सकर्सन के बारे में चर्चा के साथ शुरू होता है। अगला कदम एक व्यवस्थित ढांचा विकसित करना होता है, जिसमें ग्लूकोज़ निगरानी, इंसुलिन की खुराक देने की रणनीति और आहार योजना शामिल है, ताकि सुरक्षा सुनिश्चित हो सके और T1D से पीड़ित युवाओं के लिए हाइपोग्लाइसीमिया को रोका जा सके।[5] T2D से पीड़ित बच्चों और किशोरों के लिए, नियमित PA बढ़ाने के लिए बाधाओं और परिवर्तन के चरण का पता लगाने से व्यवहार बदलाव के लिए व्यक्तिगत योजनाओं में सह-डिजाइन करने में मदद मिल सकती है।[44] T2D से पीड़ित बच्चों और किशोरों को इंसुलिन की जरूरत होती है, उन्हें अपनी खुराक की रणनीतियों में व्यायाम को सुरक्षित रूप से शामिल करने पर चर्चा करने की जरूरत होगी। इन टेम्पलेट को तब योजनाबद्ध बनाम गैर-योजनाबद्ध व्यायाम के लिए स्तरीकृत किया जा सकता है। उत्तरार्द्ध व्यायाम से पहले इंसुलिन खुराक को समायोजित करने के लिए, कम लचीलेपन से जुड़ा हुआ है, इस प्रकार आवश्यक रूप से पोषण सेवन और सतर्क ग्लूकोज़ निगरानी पर ध्यान दिया जाता है। व्यायाम को मार्गदर्शित करने के लिए विशिष्ट इंसुलिन समायोजन, पोषण/आहार, और ग्लूकोज़ निगरानी का सपोर्ट करने वाले विस्तृत साक्ष्य की चर्चा नीचे प्रासंगिक खंडों में की गई है।

डायबिटीज़ से पीड़ित कई बच्चे सुस्त होते हैं, ऐसी स्थितियों में सुरक्षित रूप से शुरू करने और सक्रिय जीवन शैली को बनाए रखने के लिए विचारशील योजना की जरूरत होती है। आदतन सक्रिय और सुस्त युवाओं, दोनों के लिए इन उपागम को अपनाया जा सकता है। वैयक्तिकृत योजना विकसित करने के लिए डायबिटीज़ से पीड़ित युवा व्यक्ति के साथ चर्चा में 'डार्टबोर्ड' के केंद्र से बाहर काम करने की सिफारिश की जाती है (आकृति 1)।[5]

4.1 चरण 1: व्यक्ति-केंद्रित गतिविधि लक्ष्यों को सेट करना और समायोजित करना

व्यायाम के उद्देश्यों और प्रेरणा के बारे में प्रत्येक चिकित्सीय चर्चा व्यक्ति-केंद्रित उपागम से शुरू होनी चाहिए; चिकित्सक इस चर्चा को व्यक्ति विशेष द्वारा खोजे गए कारकों के साथ मार्गदर्शित कर सकते हैं। इनमें बढ़ी हुई फ़िटनेस, बेहतर शरीर रचना, सामाजिक समावेश जैसे सहकर्मी गतिविधियों या टीम के खेल, बेहतर ग्लाइसीमिया, खेल-विशिष्ट उच्च स्तर या कुलीन प्रदर्शन, और/या समग्र आनंद की इच्छा शामिल हो सकती है।

T1D से पीड़ित युवाओं का वजन अधिक होता है[45,46] तथा T2D से पीड़ित अधिकांश युवा अधिक वजन वाले या मोटे होते हैं।[47-49] जहां शरीर की संरचना में बदलाव वांछित है, वहां इंसुलिन की खुराक कम करने की रणनीति बनाने से अतिरिक्त कार्बोहाइड्रेट से हाइपोग्लाइसीमिया को रोकने या उसका इलाज करने की आवश्यकता कम हो जाएगी। विशेष रूप से किशोरों में, व्यायाम के लिए ज्ञात सामान्य बाधाओं हेतु शुरुआती परामर्श में अतिरिक्त ध्यान दिया जाना चाहिए[42,50-52], जिसमें व्यक्तिगत बाधाएं (आत्म-प्रेरणा, मोटर कौशल, शरीर की छवि), सामाजिक, पर्यावरणीय और समय कारक शामिल हैं।[53] इसके अलावा, मनोसामाजिक मूल्यांकन और आहार सलाह को शामिल किया जाना चाहिए। बेसलाइन फ़िटनेस का ध्यान रखना ज़रूरी है; T1D से पीड़ित युवाओं में निचली बेसलाइन फ़िटनेस अधिक ग्लाइसीमिक परिवर्तनशीलता से जुड़ी है।[54] निचली फ़िटनेस वाले युवा अधिमान ढंग से वसा ऑक्सीकरण पर मांसपेशी और लिवर ग्लाइकोजन स्टोर का उपयोग करेंगे (कुल ऊर्जा व्यय के अधिक अनुपात के रूप में)। इसके अलावा, जो लोग कम फिट हैं उन्हें समान अवधि के लिए उच्च तीव्रता वाला व्यायाम करने की ज़रूरत हो सकती है, जिससे व्यायाम के बाद हाइपोग्लाइसीमिया का खतरा बढ़ जाता है।[55] एथलीटों के लिए, शिक्षा में प्रशिक्षण और प्रतियोगिता, दोनों के दौरान प्रबंधन की योजना भी शामिल होनी चाहिए। इसलिए, समर्थन की आवश्यकता होती है, ताकि डायबिटीज़ वाले एथलीट जल्द से जल्द नेमी गतिविधि फिर से शुरू कर सके। तब कोच/प्रशिक्षक को भी जानकारी दी जानी चाहिए।

प्रतिस्पर्धी खेलों में भाग लेने वाले T1D से पीड़ित बच्चों और किशोरों के लिए, जहां इष्टतम व्यायाम प्रदर्शन लक्ष्य होता है, वहीं दिन भर में कार्बोहाइड्रेट और प्रोटीन दोनों के सेवन में समग्र वृद्धि के साथ-साथ किए गए काम के लिए आहार में वृद्धि की जरूरत होती है। इस प्रकार, इंसुलिन खुराक को न्यूनतम समायोजन की जरूरत हो सकती है या इसे बढ़ाने की जरूरत हो सकती है [56], जो पोषक आहार के सेवन में वृद्धि और किए गए कार्य की उच्चतर समग्र तीव्रता या कार्य की मात्रा से बेहतर इंसुलिन संवेदनशीलता के बीच संतुलन पर निर्भर करता है। आहार विशेषज्ञों को T1D से पीड़ित बच्चों और किशोर एथलीटों के लिए, व्यायाम प्रशिक्षण योजना में आवश्यक इंसुलिन खुराक और पोषण की योजना बनाने में बारीकी से शामिल होना चाहिए।

बहुत से युवाओं के लिए, सबसे सरल लक्ष्य एक सक्रिय जीवन शैली की भागीदारी और आनंद को बढ़ावा देना है। हाइपोग्लाइसीमिया को कम व्यायाम क्षमता के साथ जुड़ा हुआ माना जाता है। हाइपरग्लाइसीमिया का प्रभाव कम स्पष्ट रहता है; साक्ष्य का संतुलन हल्के-मध्यम हाइपरग्लाइसीमिया के परिणामस्वरूप शक्तिशाली रूप से हानिकारक प्रदर्शन का समर्थन नहीं करता[7]। नतीजतन, प्रबंधन रणनीति का मुख्य लक्ष्य हाइपोग्लाइसीमिया को रोकना और सभी की सुरक्षा सुनिश्चित करना होना चाहिए। जहां बेहतर फ़िटनेस प्रतिस्पर्धी खेल में भाग लेने वाले T1D से पीड़ित बच्चे या किशोर के लिए लक्ष्य के रूप में भी मौजूद है, वहाँ व्यक्ति, माता-पिता और प्रदाता को इंसुलिन की संवेदनशीलता में प्रत्याशित सुधारों पर चर्चा करनी चाहिए जो संभवतः हफ्तों में होगी और इस प्रकार इंसुलिन खुराक की परवाह किए बिना कुल दैनिक इंसुलिन खुराक में संभावित कमी की जरूरत हो सकती है।

4.2 चरण 2: व्यायाम के प्रकार की चर्चा

T1D से पीड़ित बच्चों और किशोरों के लिए, व्यायाम का प्रकार और अवधि अपेक्षित तीव्र ग्लाइसीमिक के एक्सकर्सन को प्रभावित करेगी, जैसा कि इस अध्याय में कहीं और चर्चा की गई है। [57] रक्त ग्लूकोज़ के स्तरों (BGLs) में पूर्वानुमेय कमी को सामान्य एरोबिक गतिविधि में आधारित एक योजना में, पूर्व-व्यायाम इंसुलिन खुराक और बेसल इंसुलिन एक्सपोज़र में आनुपातिक कमी के साथ (जहां संभव हो और प्रभावी होने के लिए समायोजन हेतु पर्याप्त समय के साथ) उचित रूप से ईंधन के लिए एक रणनीति के साथ शामिल किया जाना चाहिए। लंबे समय तक व्यायाम करने से भी हाइपोग्लाइसीमिया का खतरा बढ़ जाता है। लंबी अवधि के व्यायाम, यहां तक कि मध्यम तीव्रता पर, निश्चित रूप से कुछ इंसुलिन और आहार के समायोजन की ज़रूरत होगी, जो गतिविधि के विस्तार के अनुसार योगात्मक और प्रगतिशील हो सकता है। [58] इसके विपरीत, तीव्र हाइपरग्लाइसीमिया को विशेष रूप से निराहार वाली स्थितियों में बहुत उच्च तीव्रता वाले व्यायाम के साथ देखा जा सकता है। हालांकि, बोलस इंसुलिन और अंतर्ग्रहण की गई कार्बोहाइड्रेट के लिए ग्लाइसीमिक प्रत्युत्तर बहुत कम पूर्वानुमेय होता है। डायबिटीज़ से पीड़ित व्यक्तियों को इसकी आशंका के अनुसार शिक्षित किया जाना चाहिए। इस तरह के तीव्र हाइपरग्लाइसीमिया को या तो रूढ़िवादी सुधार खुराक [59] या कम तीव्रता वाले एरोबिक गतिविधि के घटकों से प्रबंधित किया जा सकता है, जो ग्लूकोज़ की उपस्थिति की दर में वृद्धि के बिना ग्लूकोज़ निपटान को बढ़ाते हैं, या शांत करते हैं, जिससे सीरम लैक्टेट [60] तथा कैटेकोलामाइन का स्तर कम होता है। BGL में इन तीव्र एक्सकर्शन की T2D से पीड़ित किशोरों में होने की संभावना कम होती है।

4.3 चरण 3: व्यायाम समय और इंसुलिन की क्रिया पर चर्चा

T1D से पीड़ित युवाओं और कुछ T2D से पीड़ित में, व्यायाम या सामान्य PA अक्सर हाल ही के बोलस ('बोर्ड पर इंसुलिन') से कुछ अवशिष्ट सक्रिय इंसुलिन के साथ होता है। उदाहरणों में स्कूल के खेल, खेलने के समय के साथ लंच अवकाश, स्कूल के बाद टीम अभ्यास या आम तौर पर सहज खेल शामिल हैं। इसलिए, बच्चों और उनके माता-पिता से इंसुलिन क्रिया के समय और इस बारे में बात करना अहम है कि यह व्यायाम करने पर कैसे ग्लाइसीमिक प्रत्युत्तरों पर असर डालता है। रैपिड-एक्टिंग अनालॉग्स आम तौर पर इंजेक्शन के 60-100 मिनट बाद अधिकतम प्रभाव हासिल करते हैं, जिसकी कुल अवधि पांच घंटे तक होती है। जब कम से कम या कोई सक्रिय रैपिड इंसुलिन प्रचलन में न हो तो व्यायाम में ग्लूकोज़ के स्तर का प्रबंधन करना आदर्श होता है। हालांकि, यह उन युवाओं में एक असामान्य परिदृश्य होता है जो अक्सर खाते रहते हैं और दिन के पहले प्रांडियल इंसुलिन की अपनी खुराक या अपने अंतिम भोजन या नाश्ते के कई घंटों बाद उनके व्यायाम करने की संभावना नहीं होती।

जब भोजन करने के 2-3 घंटे के अंदर व्यायाम करने की योजना बनाई जाती है, तो व्यायाम पूर्व इंसुलिन की संबंधित खुराक के लिए उपयुक्त समायोजन पर विचार किया जाना चाहिए। तालिका A और B में चिकित्सीय ट्रायल साक्ष्य के आधार पर सामान्य सुझाव नीचे दिए गए है। अभी भी, वे इस बात पर निर्भर करेंगे कि क्या BGL में गिरावट के कारण के लिए गतिविधि का पूर्वानुमान किया गया है (ऊपर चरण 2 देखें) और यदि ज्ञात है तो अवधि की योजना बनाई गई है। व्यायाम से पहले 90 मिनट से अधिक समय तक प्रांडियल इंसुलिन की जोरदार ढंग से कमी व्यायाम के दौरान या इसके तुरंत बाद हाइपोग्लाइसीमिया के जोखिम को कम कर सकती है, लेकिन व्यायाम शुरू होने से पहले हाइपरग्लाइसीमिया से भी जुड़ी हो सकती है। तदनुसार, जैसा कि ऊपर चरण 1 में है, डायबिटीज़ से पीड़ित व्यक्ति के साथ निर्धारित तथा तय किए गए के अनुसार, इन संभावित परिणामों को व्यक्तिगत लक्ष्यों के अनुसार संतुलित और प्राथमिकता दी जानी चाहिए।

कम कार्बोहाइड्रेट (0.3-0.5 ग्राम/किलो/घंटा की सीमा में) की आवश्यकता अक्सर तब होती है, जब बस बेसल इंसुलिन सक्रिय होता है, क्योंकि व्यायाम के दौरान लक्ष्य ग्लाइसीमिया को बनाए रखने के लिए फ्यूलिंग अनिवार्य रूप से प्रचलित इंसुलिन मिया का कार्य है, जैसा कि इस अध्याय में बाद में बताया गया है। इसके अलावा, वयस्कों में इन मात्राओं को दोगुना (या अधिक) करने की तब जरूरत हो सकती है,जब व्यायाम पीकिंग रैपिड-एक्टिंग अनालॉग इंसुलिन के साथ मेल खाता है। [57] व्यक्ति के साथ चर्चा करना ज़रूरी है कि 0.3-0.5 ग्राम/किलो/घंटा मात्रा के सेवन से हाइपोग्लाइसीमिया से बचा जा सकता है। अभी भी, जहां इष्टतम प्रदर्शन या अधिकतम कार्य का वांछित लक्ष्य है, वहां उच्च आहार लेना इष्टतम है। इस उपागम पर नीचे विशिष्ट सिफारिशों के साथ विस्तार से चर्चा की गई है, और आवश्यक आहार को समायोजित करने के लिए, ग्लूकोज़ सांद्रता के मुताबिक अतिरिक्त सूचनात्मक डेटा प्रदान किया गया है।

युवाओं और परिवारों के साथ एक योजना तैयार करते समय, इन समान सिद्धांतों पर नियोजित गतिविधि के लिए डायबिटीज़ टीम द्वारा चर्चा की जानी चाहिए। दिन के समय पर तब विस्तार से चर्चा की जा सकती है, क्योंकि कई अध्ययनों के स्पष्ट सबूतों से पता चलता है कि दोपहर में कम और उच्च तीव्रता वाला व्यायाम देर से होने वाले हाइपोग्लाइसीमिया के अधिक जोखिम से जुड़ा होता है, जो आम तौर पर 7 से 11 घंटे बाद होता है। [61] इस चर्चा का उपयोग शाम की इंसुलिन की खुराक के किसी भी समायोजन के लिए योजना तैयार करने के लिए किया जा सकता है, जैसे कि रात भर बेसल दर समायोजन [62] अथवा या पंप थेरेपी पर उन लोगों में पूर्वाभासी ग्लूकोज़ निलंबन मोड की सेटिंग या इंसुलिन इंजेक्शन पर डायबिटीज़ से पीड़ित व्यक्तियों में शाम के बेसल अनालॉग के लिए समायोजन, संभवतः प्रतिदिन दो खुराक में बेसल खुराक को विभाजित करके, जहां रात में बेसल की खुराक की कमी पूरे दिन को प्रभावित नहीं करती। इस बिंदु पर, व्यक्तियों और उनके देखभालकर्ताओं को याद दिलाया जाना चाहिए कि उच्च तीव्रता वाला दोपहर का व्यायाम तीव्र हाइपरग्लाइसीमिया का कारण बनता है, तब भी विलंबित रात्रिकालीन हाइपोग्लाइसीमिया के जोखिम से जुड़ा है। इसलिए, दिन में जल्दी व्यायाम रात्रिकालीन हाइपोग्लाइसीमिया के जोखिम को कम करने के लिए एक रणनीति हो सकती है। T2D से पीड़ित युवाओं द्वारा की जाने वाली अपराह्न की गतिविधि के लिए सर्वश्रेष्ठ अभ्यास वाली इंसुलिन की सलाह पर सबूत की कमी है।

4.4 चरण 4: हाइपोग्लाइसीमिया और सुरक्षा विचारों के जोखिम को संदर्भित करना

व्यायाम से पहले हाल ही में हाइपोग्लाइसीमिया आगे हाइपोग्लाइसीमिया के बढ़ते

जोखिम से जुड़ा हुआ है (वयस्कों में दिखाया गया है) [63] जो कि कमजोर प्रति-नियामक प्रत्युत्तरों और ग्लाइकोजन की कमी के कारण होता है। पूर्ववर्ती 24 घंटों में गंभीर हाइपोग्लाइसीमिया का इतिहास आम तौर पर व्यायाम के लिए एक निषेध है, जबकि हाइपोग्लाइसीमिया पृष्ठभूमि की अनभिज्ञता का पता लगाने और अंतिम कार्य योजना में शामिल करने की आवश्यकता है, क्योंकि इससे व्यायाम के बाद हाइपोग्लाइसीमिया का जोखिम और बढ़ सकता है। इन व्यक्तियों में, अतिरिक्त ईंधन या अधिक इंसुलिन की कमी पर चर्चा की जानी चाहिए। यह जोखिम नींद के दौरान रात में विशेष रूप से प्रासंगिक हो सकता है। यह T1D से पीड़ित युवाओं में बिगड़े हुए काउंटर-विनियमन से जुड़ा है। [64]

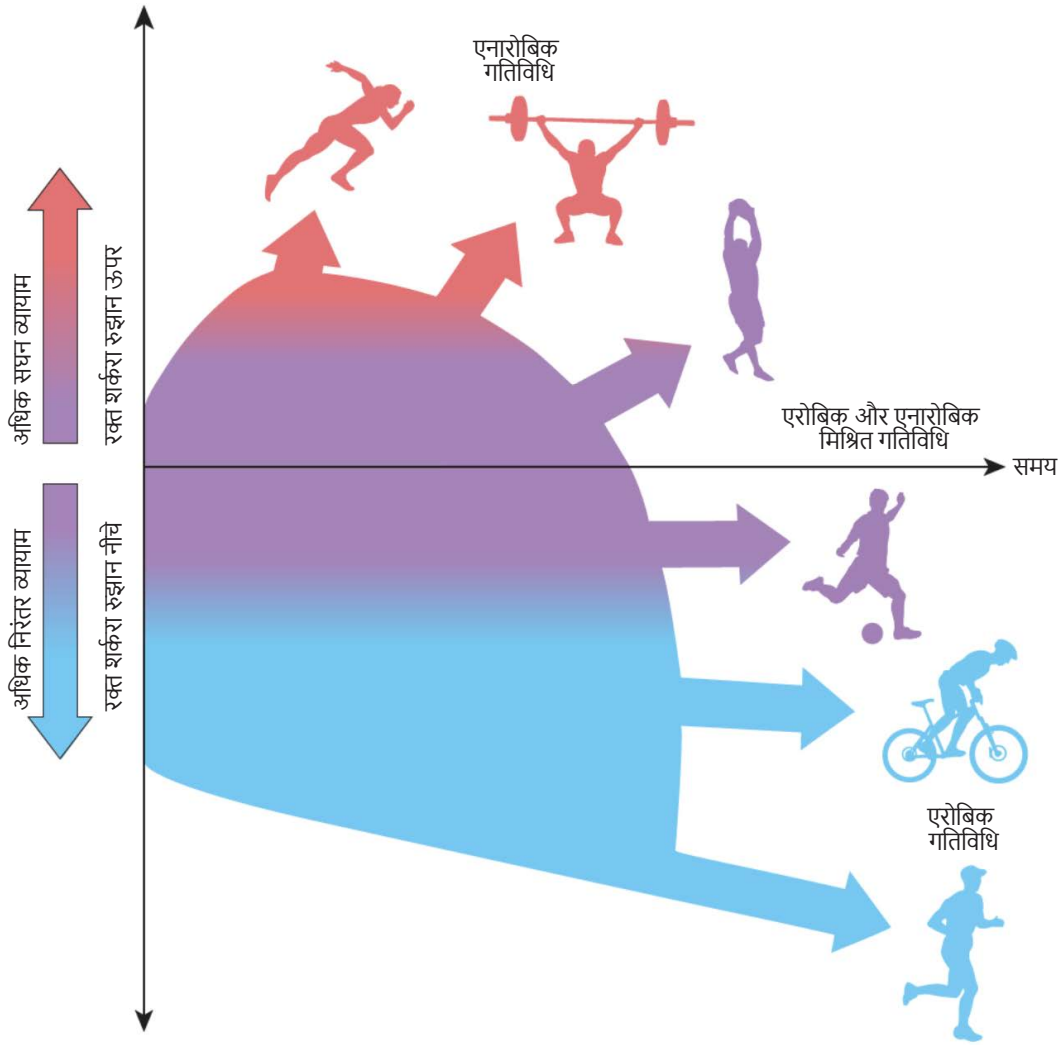
ये चर्चाएं तार्किक रूप से ग्लूकोज़ निगरानी की चर्चा का कारण बन सकती हैं जो घटना के दौरान और इसके बाद ग्लूकोज़ स्तर के इष्टतम प्रबंधन के लिए महत्वपूर्ण है। CGM अलर्ट्स सहित, वृद्धिशील प्रबंधन को सूचित करने के लिए डेटा प्रदान कर सकता है, विशेषकर कार्बोहाइड्रेट सेवन के लिए इष्टतम ग्लूकोज़ स्तर बनाए रखने के लिए, जैसा कि नीचे विस्तार से बताया गया है। CGM का उपयोग नहीं करने वालों में, BGL माप को जितनी बार आवश्यक हो उतनी बार किया जाना चाहिए, प्रत्येक 30 मिनट में फ़िंगरस्टिक BGL के आधार पर नीचे दी गई तालिका 4 में प्रबंधन सिफारिशों के साथ किया जाना चाहिए।

4.5 चरण 5: योजना के लिए परिणामों और आगे के समायोजनों की समीक्षा करना

डायबिटीज़ से पीड़ित व्यक्तियों और उनके परिवारों के साथ अनुवर्ती परामर्श निर्धारित किया जाना चाहिए। यह आदर्श रूप से व्यायाम से पहले, दौरान और बाद में इंसुलिन, ईंधन सेवन और ग्लूकोज़ के स्तर के बारे में जानकारी के विस्तृत साझाकरण का अवसर प्रदान करता है। आधुनिक पंप और CGM डाउनलोड इस समृद्ध जानकारी को डायबिटीज़ से पीड़ित युवाओं और प्रदाताओं के लिए आसानी से पहुँच योग्य बनाते हैं।

जैसा कि नीचे दी गई सिफारिशों और तालिकाओं में स्वीकार किया गया है, किसी भी खुराक या ईंधन की रणनीति को एक शुरुआती बिंदु माना जाना चाहिए, क्योंकि वे चिकित्सीय अध्ययनों में सर्वसम्मति और समग्र प्रत्युत्तरों पर आधारित होती हैं। व्यायाम के लिए व्यक्तिगत प्रत्युत्तर इनके बारे में अलग-अलग होते हैं [65], और इस प्रकार स्वास्थ्य देखभाल प्रदाताओं और डायबिटीज़ से पीड़ित लोगों को , जैसे लक्ष्य बदलते हैं (देखें चरण), जैसे बच्चे बड़े होते हैं, जैसे शारीरिक फ़िटनेस

आकृति 2. सामान्य तौर पर, एरोबिक व्यायाम ग्लाइकेमिया में कमी से जुड़ा है, जबकि एनारोबिक और व्यायाम के मिश्रित रूप कम गिरावट या यहां तक कि ग्लाइसीमिया में वृद्धि से संबंधित हो सकते हैं। व्यक्तिगत प्रत्युत्तर विभिन्न अतिरिक्त कारकों पर निर्भर करते हैं, जिसमें गतिविधि की अवधि और तीव्रता; शुरुआती रक्त शर्करा सांद्रता; व्यक्तिगत फ़िटनेस; व्यायाम के दिन का समय, इंसुलिन की सांद्रता, ग्लूकागान, और संचलन में अन्य प्रतिगामी हार्मोन; तथा व्यक्ति की पोषण स्थिति शामिल है। इनकी अनुमति से पुनः प्रस्तुत: रिडेल MC. टाइप 1 डायबिटीज़ मेलिटस से पीड़ित बच्चों और किशोरों के लिए व्यायाम का प्रबंधन। इसमें: अपटूडेट, पोस्ट TW (Ed), अपटूडेट, वाल्थम, MA. (02/08/2022 को एक्सेस किया) कॉपीराइट © 2018 अपटूडेट, इंक।



में सुधार होता है या इंसुलिन प्रतिस्थापन साधन में परिवर्तन होता है, उसी के अनुसार व्यावहारिक अनुभव के आधार पर योजना को संशोधित करने और समीक्षा करने के लिए तैयार रहना चाहिए। इसलिए, क्लिनिक सेटिंग में, इन सभी कारकों को शामिल करते हुए एक नैदानिक समीक्षा चक्र आवश्यक या वांछित होने पर अधिक बार होना चाहिए।

5. शरीर क्रिया विज्ञान

व्यायाम को PA का एक संरचित रूप माना जाता है, जिसे प्रयुक्त प्रमुख ईंधन प्रणालियों तथा ईंधन के चयापचय के ढंग के कारण मुख्य रूप से एरोबिक (ऑक्सीडेटिव चयापचय) या एनारोबिक (गैर-ऑक्सीडेटिव चयापचय) के रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है। हल्की से मध्यम तीव्रता पर चलने, जॉगिंग करने और साइकिल चलाने जैसी एरोबिक गतिविधियों से, आराम की स्थिति से हृदय गति और ऑक्सीजन की खपत बढ़ जाती है जबकि लिपिड (अर्थात, मुक्त फ़ैटी एसिड और मांसपेशी ट्राइग्लिसराइड्स) तथा कार्बोहाइड्रेट (रक्त ग्लूकोज़ और मांसपेशी ग्लाइकोजन) ऑक्सीकरण होते हैं। [66] स्प्रिंटिंग और भारोत्तोलन जैसी संक्षिप्त एनारोबिक गतिविधियों के साथ, स्केलेटल की मांसपेशी एनारोबिक ग्लाइकोलाइसिस, फॉस्फोक्रेटाइन, और मुक्त एडेनोसिन ट्राइफॉस्फेट से ऊर्जा उत्पन्न करती है। [66] व्यायाम, स्पोर्ट, खेल और दैनिक PA के अधिकांश रूप एरोबिक और एनारोबिक चयापचय का मिश्रण हैं। व्यायाम और डायबिटीज़ की जटिलता के कारण डायबिटीज़ से पीड़ित लोगों को व्यक्तिगत सलाह प्रदान करने में सक्षम होने के लिए व्यायाम की पैथोफिज़ियोलॉजी की समझ स्वास्थ्य देखभाल के पेशेवर के लिए मूल्यवान है।

एरोबिक व्यायाम परिसंचारी ग्लूकोज़ के स्तर को कम करने का कारण बनता है [65], जबकि एनारोबिक या व्यायाम के मिश्रित रूप विशिष्ट रूप से एक क्षीण गिरावट [67,68] या ग्लाइकेमिया में वृद्धि से संबद्ध होते हैं। [69] सामान्य तौर पर, मिश्रित गतिविधियों का एक मध्यम प्रभाव होता है। हालांकि, कई कारकों को इन सामान्य प्रवृत्तियों को प्रभावित करने वाला माना जाता है (आकृति 2 और तालिका 1)। T2D से पीड़ित युवाओं के लिए ग्लाइकेमिया पर एनारोबिक व्यायाम के तीव्र प्रभाव स्पष्ट नहीं हैं।

ये सामान्य रुझान हैं, जो कई अन्य कारकों से भी प्रभावित होते हैं, जैसे कि बोर्ड पर इंसुलिन (IOB), मैक्रोन्यूट्रिएंट सेवन, व्यायाम से पहले ग्लूकोज़ स्तर, हाइपोग्लाइसीमिया के पूर्ववर्ती जोखिम, फ़िटनेस स्तर, दिन का समय, व्यायाम की तीव्रता और अवधि, प्रशिक्षण की स्थिति, पर्यावरण संबंधी स्थितियां। वयस्क पुरुष डेटा। [73] वयस्क पुरुष और महिला डेटा। [68,69,72] बाल चिकित्सा पुरुष डेटा। [67] बाल चिकित्सा पुरुष और महिला डेटा। [65] यह तालिका निम्न से मध्यम परिसंचारी IOB की धारणा के साथ बनाई गई थी।

5.1 एरोबिक व्यायाम

डायबिटीज़ में ग्लूकोज़ की सांद्रता के मुख्य निर्धारकों में पोषक तत्वों का सेवन, भोजन का समय, परिसंचरण में इंसुलिन सांद्रता, लिवर से ग्लूकोज़ उत्पादन की दर और स्केलेटल की मांसपेशियों और केंद्रीय तंत्रिका तंत्र द्वारा ग्लूकोज़ के उपयोग की दर हैं[9]। निराहार की स्थिति में, परिसंचारी ग्लूकोज़ मुख्य रूप से लिवर द्वारा रिलीज ग्लूकोज़ की मात्रा और स्केलेटल की मांसपेशियों और मस्तिष्क में ग्लूकोज़ अवशोषण की दर से निर्धारित होता है। [74] परिसंचारी इंसुलिन सांद्रता जितनी कम होगी और ग्लूकोज़ प्रति-नियामक हार्मोन का स्तर जितना अधिक होगा, एरोबिक व्यायाम के दौरान लिवर से ग्लूकोज़ की उपस्थिति की दर उतनी ही अधिक होगी। [74] व्यायाम में स्केलेटल की मांसपेशी की मात्रा मुख्य रूप से ग्लूकोज़ निपटान की दर निर्धारित करती है। जबकि स्केलेटल की मांसपेशी संकुचन संबंधी क्रियाएं संकुचन-मध्यस्थता GLUT 4 के माध्यम से व्यायाम के दौरान ग्लूकोज़ निपटान की दर को बढ़ाती हैं, उच्च कैटेकोलामाइन स्तर ग्लाइसीमिया में कमी को रोकने और ईंधन के रूप में इसके ग्लाइकोजन स्टोर पर मांसपेशियों की निर्भरता बढ़ाने में मदद करने के लिए परिसंचरण से ग्लूकोज़ के अवशोषण को सीमित करते हैं। [66]

GLUT 4 ट्रांसपोर्टर प्रोटीन का संकुचन-प्रेरित स्थानांतरण स्केलेटल की मांसपेशियों को इंसुलिन सांद्रता बेहद कम होने पर भी ईंधन के रूप में रक्त

तालिका 1. एरोबिक, मिश्रित और एनारोबिक व्यायाम करने वाले टाइप 1 डायबिटीज़ से पीड़ित लोगों के लिए प्रत्याशित ग्लूकोज़ प्रत्युत्तर और शारीरिक विशेषताएं।

व्यायाम प्रकार	शारीरिक विशेषताएं	टाइप 1 डायबिटीज़ से पीड़ित व्यक्ति के ग्लूकोज़ स्तर पर प्रभाव†		उदाहरण
एरोबिक	निरंतर मध्यम तीव्रता वाला व्यायाम मुख्य रूप से लैक्टेट सीमा से नीचे होता है जहां मांसपेशियों द्वारा ग्लूकोज़ का अवशोषण लिवर से ग्लूकोज़ उत्पादन से अधिक होता है [65,70,71]	↘	↓	दौड़ना, चलना, लंबी पैदल यात्रा, साइकिल चलाना, नौका चलाना, तैराकी करना
मिश्रित एनारोबिक के छोटे अंतराल के साथ	मध्यम-से-जोरदार तीव्रता (एरोबिक) की गतिविधि छोटे (5-30 सेकंड) एनारोबिक बर्स्ट के साथ होती है [68,72]	↘	→	बास्केटबॉल, फुटबॉल, सॉकर, क्रिकेट, हैंडबॉल, मार्शल आर्ट
मिश्रित एनारोबिक के लंबे अंतराल के साथ	निम्न-से-मध्यम तीव्रता (एरोबिक) की गतिविधि बड़े (10-180 सेकंड) एनारोबिक बर्स्ट के साथ होती है[73]	↗	→	प्रतिरोध प्रशिक्षण, सर्किट प्रशिक्षण, जिम्नास्टिक, स्प्रिंट प्रशिक्षण (दौड़ना, तैराकी, नौका चलाना, साइकिल चलाना आदि)
एनारोबिक	जब लिवर से ग्लूकोज़ उत्पादन मांसपेशियों द्वारा अवशोषण से अधिक होता है, तब लैक्टेट सीमा से ऊपर की तीव्रता पर थकान (5 सेकंड से 10 मिनट) के लिए अधिकतम प्रयास का व्यायाम [67,69]	↗	↑	500-2000m नौका विहार, 50-1500m प्रतियोगिता, 1-2k चक्र समय ट्रायल, पॉवरलिफ़्टिंग
प्रतियोगिता का दिन	अभ्यास के दिनों की तुलना में प्रतिस्पर्धा के दौरान लिवर से ग्लूकोज़ उत्पादन अतिरंजित होने की संभावना होती है, जिससे स्पष्ट रूप से हाइपरग्लेसीमिया हो सकता है	↑		रेस, टीम, अथवा गेम/मैच

ग्लूकोज़ लेने और उपयोग करने की अनुमति देता है।[75] हालांकि, T1D में कम परिसंचारी इंसुलिन सांद्रता लिवर[76] और कीटोन के उत्पादन[77] से ग्लूकोज़ की उपस्थिति की दर को बढ़ाता है। यह खतरनाक हो सकता है क्योंकि इससे गंभीर हाइपरग्लाइसीमिया और निर्जलीकरण कीटोएसिडोसिस हो सकता है।

एरोबिक व्यायाम से ग्लूकोज़ कम करने की क्रिया के कारण, T1D से पीड़ित बच्चों और किशोरों में बहिर्जात इंसुलिन का स्तर आदर्श रूप से कम होना चाहिए, ताकि हाइपोग्लाइसीमिया को रोका जा सके।[58] दुर्भाग्य से, इंसुलिन पंप के साथ भी शीघ्रता से इंसुलिन सांद्रता को कम करना संभव नहीं है, इसलिए अधिक सक्रिय उपायों की ज़रूरत है। इनमें व्यायाम से पहले भोजन में प्रांडियल इंसुलिन में कमी और/या इंसुलिन पंप पर बेसल इंसुलिन वितरण में कमी शामिल हो सकती है[58] (जानकारी के लिए नीचे देखें)। जब इंसुलिन समायोजन नहीं किया जाता, तो हाइपोग्लाइसीमिया को रोकने के लिए कार्बोहाइड्रेट का ज़्यादा सेवन करना एकमात्र विकल्प है[58] (जानकारी के लिए नीचे देखें)।

5.2 बहुत अधिक तीव्रता और एनारोबिक व्यायाम

स्प्रिंटिंग और भारोत्तोलन जैसे एनारोबिक व्यायाम से ग्लूकोज़ का स्तर बढ़ सकता है, खासकर यदि दिन की शुरुआत में परिसंचरण में बहुत कम से लेकर बिना किसी प्रांडियल इंसुलिन के किया जाता है और गतिविधि अकेले की जाती है (अर्थात, एरोबिक व्यायाम के बिना), जैसे कि 100 मीटर ट्रैक ईवेंट, जूडो मैच, या रोइंग स्प्रिंट ।[78] इसके अलावा, प्रतियोगिता और गहन एनारोबिक व्यायाम से संबद्ध तनाव हार्मोन की बढ़ी हुई परिसंचारी सांद्रता घटना होने से पहले ही ग्लूकोज़ के स्तर में वृद्धि को बढ़ा सकती है। उदाहरण के लिए, सिडनी 2000 ओलंपिक खेलों में भाग लेने वाले गैरी हॉल जूनियर ने स्प्रिंट तैराकी (50 मीटर फ्रीस्टाइल) में भाग लेकर 21 सेकंड से अधिक समय तक चलने वाली अपनी विश्व रिकॉर्ड दौड़ के दौरान अपने BGL को 300 mg/dL तक बढ़ा दिया।

एनारोबिक व्यायाम के कुछ रूपों से ग्लूकोज़ का स्तर बढ़ने की संभावना के कारण, इंसुलिन की खुराक में कमी की सिफारिश नहीं की जाती, और हाइपरग्लेसीमिया के लिए व्यायाम के बाद इंसुलिन की मात्रा में सुधार पर विचार किया जा सकता है[58] (जानकारी के लिए नीचे देखें)।

5.3 मिले-जुले व्यायाम

बहुत से युवाओं के लिए PA के अधिकांश रूपों में सहज खेल और/या टीम और फ़ील्ड खेल शामिल हैं। इन सेटिंग्स की अक्सर अपेक्षाकृत तीव्र गतिविधि के बार-बार होने की विशेषता होती है, जो कम से मध्यम तीव्रता वाली गतिविधि या आराम के साथ बीच-बीच में होती है।

T1D से पीड़ित व्यक्तियों में ईवेंट के दौरान और बाद में सतत मध्यम तीव्रता वाले व्यायाम की तुलना में "अंतराल" या "मिश्रित" गतिविधि से ग्लाइसीमिया के गिरावट की कम दर देखी गई है।[78] इसलिए, व्यायाम के मिश्रित रूपों को इंसुलिन खुराक के समायोजन की जरूरत नहीं हो सकती।

5.4 T1D से पीड़ित युवाओं में व्यायाम के दौरान डिस्ग्लाइसीमिया के कारण

डायबिटीज़ में व्यायाम से डिस्ग्लाइसीमिया के कारण जटिल और बहुआयामी हैं। एरोबिक व्यायाम के दौरान, ग्लाइसीमिया में अधिक कमी से जुड़ा मुख्य कारक संभवतः इंसुलिन के परिसंचारी स्तर और व्यायाम की तीव्रता तथा गतिविधि की अवधि हैं।[58] ग्लूकोज़ प्रतिनियामक हार्मोन (ग्लूकागान, कैटेकोलामाइन, कोर्टिसोल, विकास हार्मोन) और व्यायाम पूर्व ग्लूकोज़ का स्तर एरोबिक व्यायाम के दौरान ग्लूकोज़ में परिवर्तन को भी प्रभावित कर सकता है।[58] किसी व्यक्ति के शारीरिक आकार, मांसपेशियों के द्रव्यमान, आयु, लिंग, फ़िटनेस स्तर, तनाव के स्तर और आनुवंशिकी सहित अतिरिक्त कारक भी ग्लूकोज़ में परिवर्तन को प्रभावित कर सकते हैं; हालांकि, इन प्रभावों का परिमाण कम स्पष्ट है।

व्यायाम से त्वचा के नीचे दी गई इंसुलिन के अवशोषण की दर बढ़ सकती है[79], जिससे बोलस देने के तुरंत बाद इंसुलिन क्रिया बढ़ा सकती है। इंसुलिन का इंजेक्शन ऐसी जगह लगाया जाना चाहिए, जो मांसपेशियों के संकुचन में सक्रिय रूप से शामिल नहीं है। यह तैराकी जैसी कुछ संपूर्ण शरीर की गतिविधियों के साथ मुश्किल हो सकता है या जब व्यक्तियों के पास इंसुलिन इन्फ़्यूजन सेट होता है, तो व्यायाम के लिए आसानी से इधर-उधर ले जाना संभव नहीं होता। इसके अलावा, अत्यंत-लंबे समय तक काम करने वाले बेसल इंसुलिन की अवशोषण दर पर व्यायाम का प्रभाव स्पष्ट नहीं है। हालांकि, T1D से पीड़ित वयस्कों में एक अध्ययन में पाया गया कि इंसुलिन डिटेमिर व्यायाम के दौरान और इसके बाद में कम हाइपोग्लाइसीमिया से जुड़ा था।[80]

T2D से पीड़ित युवाओं के लिए, तीव्र ग्लाइसीमिक एक्सकर्शन या ग्लूकोज़ के रेंज में समय पर व्यायाम की अवधि, प्रकार या तीव्रता के प्रभाव के लिए बहुत कम सबूत हैं। क्रॉस-सेक्शनल शोध से पता चलता है कि अधिक लगातार आयोजित PA सत्र, विशेष रूप से उच्च तीव्रता वाले[81], कम कार्डियोमेटाबोलिक जोखिम[17] कारकों और ग्लाइसीमिया से जुड़े होते हैं।

T1D से पीड़ित युवाओं में गतिविधि की अप्रत्याशित प्रकृति ग्लाइसीमिक प्रबंधन को चुनौतीपूर्ण बना सकती है। हालांकि, व्यायाम से जुड़े डिस्ग्लाइसीमिया को सीमित करने के लिए कई रणनीतियों को लागू किया जा सकता है (जानकारी के लिए नीचे देखें)।

5.5 पूर्ववर्ती हाइपोग्लाइसीमिया

व्यायाम से पहले 24-48 घंटों में हाइपोग्लाइसीमिया के मध्यम या लगातार स्तर के व्यायाम के लिए प्रति-नियामक प्रत्युत्तर कम होते दिखाई देते हैं और व्यायाम-प्रेरित हाइपोग्लाइसीमिया के जोखिम बढ़ा सकते हैं।[82] ठंड में मोटापा और व्यायाम कुछ प्रतिनियामक हार्मोन (अर्थात, विकास हार्मोन, कैटेकोलामाइन) को भी कुंद कर सकता है[83,84] जो हाइपोग्लाइसीमिया जोखिम को बढ़ा सकता है।

5.6 ग्लाइसीमिया, मस्कुलोस्केलेटल स्वास्थ्य, और व्यायाम प्रदर्शन

T1D में हल्के से मध्यम हाइपरग्लाइसीमिया का एक तीव्र वाकया व्यायाम या खेल के प्रदर्शन को प्रभावित करता हुआ दिखाई नहीं देता[7]। हालांकि, हल्का हाइपोग्लाइसीमिया भी नकारात्मक रूप से प्रतिक्रिया समय और समग्र खेल प्रदर्शन को प्रभावित करता है।[85] दूसरी ओर, निरंतर हाइपरग्लेसीमिया (दिन, सप्ताह) संभवतः कई चयापचय और परिसंचारी प्रक्रियाओं को प्रभावित करता है, जिससे कम से कम सैद्धांतिक रूप से, व्यायाम क्षमता नकारात्मक रूप से प्रभावित हो सकती है, जिसमें मांसपेशियों और मांसपेशी माइटोकॉन्ड्रियल सामग्री का स्पष्ट नुकसान, घटा हुआ मांसपेशियों का कैपिटलाइज़ेशन, और सामान्य निर्जलीकरण शामिल हैं।[86] दीर्घकाल में, T1D से पीड़ित युवाओं में बढ़े हुए HbA1c के स्तर विकास और प्रगति को प्रभावित कर सकते हैं[87] और संभवतः मस्कुलोस्केलेटल स्वास्थ्य पर प्रतिकूल प्रभाव डाल सकते हैं।[88] डायबिटीज़ से पीड़ित युवाओं में, नियमित PA करना, व्यायाम के कारण लंबे समय तक हाइपरग्लाइसीमिया या व्यायाम से हाइपोग्लाइसीमिया विकसित करने का डर समग्र ग्लाइसीमिक प्रबंधन लक्ष्यों को हासिल करने को नकारात्मक रूप से प्रभावित कर सकता है। फिर भी, T2D से पीड़ित युवाओं के समान[17,81], बढ़े हुए PA वाले दिनों में निष्क्रियता वाले दिनों की तुलना में T1D से पीड़ित युवाओं में ग्लाइसीमिक लक्ष्यों को प्राप्त करने की संभावना बेहतर हो सकती है।[89] वर्तमान में T2D से पीड़ित युवाओं में व्यायाम प्रदर्शन और ग्लाइकेमिया पर कोई डेटा नहीं है।

6. पोषण और व्यायाम

6.1 पोषण की जरूरतें और खाद्य पदार्थ की गुणवत्ता

प्रदर्शन को अधिकतम करने के लिए खेल पोषण से जुड़े सलाह में भोजन के प्रकार और मात्रा और सेवन समय के बारे में जानकारी शामिल होगी। भोजन में आवश्यक कार्बोहाइड्रेट और प्रोटीन की मात्रा उम्र, लिंग और गतिविधि के स्तर

के मुताबिक अलग-अलग होगी। स्वास्थ्य से जुड़ी दैनिक गतिविधियों (अर्थात, प्रतिदिन मध्यम से जोरदार PA के 60 मिनट) करने वाले युवाओं के लिए, दैनिक खाद्य पदार्थ का सेवन गतिविधि की मांगों को पूरा करने के लिए पर्याप्त होना चाहिए, बशर्ते भोजन पूरे दिन नियमित रूप से दिया जाए। ऊर्जा और मैक्रोन्यूट्रिएंट सेवन पर देश-विशिष्ट के दिशानिर्देश विश्व के कई भागों में मौजूद हैं और सामान्य तौर पर, बढ़ी हुई गतिविधि के स्तर बढ़ी हुई ऊर्जा की जरूरतों से जुड़े हुए हैं। बहुत सक्रिय युवाओं के लिए बढ़ी हुई ऊर्जा और कार्बोहाइड्रेट की जरूरतों की गणना आवश्यक हो सकती है, और युवा विशिष्ट PA सार संग्रह तालिका ऊर्जा व्यय गणना की सहायता के लिए व्यापक सूची प्रदान करती है।[90] हाइपोग्लाइसीमिया की रोकथाम के लिए पूरक कार्बोहाइड्रेट पर सलाह का उद्देश्य व्यय से ऊपर कुल ऊर्जा सेवन को बढ़ाना नहीं है, और स्नैक्स के उपयोग से आहार की गुणवत्ता में कमी नहीं होनी चाहिए। पोषण तालिका (तालिका E) सबसे कम कुल ऊर्जा सामग्री के साथ हाइपोग्लाइसीमिया की रोकथाम के लिए सबसे प्रभावी कार्बोहाइड्रेट विकल्प सुझाती है। निर्जलीकरण के जोखिम को कम करने के लिए पर्याप्त तरल पदार्थ का सेवन आवश्यक है।[91] ज्यादातर स्थितियों में, जल या चीनी मुक्त तरल पदार्थ हाइड्रेशन बनाए रखने के लिए सबसे उपयुक्त हैं। स्वास्थ्य और व्यायाम के लिए विस्तृत पोषण सिफारिशें, पोषण संबंधी पूरकों के बारे में आगे सलाह के साथ डायबिटीज़ से पीड़ित बच्चों और किशोरों में पोषण संबंधी प्रबंधन के लिए ISPAD 2022 सर्वसम्मति दिशानिर्देश अध्याय 10 में पाई जा सकती हैं।

6.2 न्यूट्रीशनल और स्पोर्ट्स सप्लिमेंट

किशोरों में एथलेटिक के प्रदर्शन का सपोर्ट करने के लिए प्रोटीन या अन्य पोषण संबंधी पूरकों का उपयोग करने के बारे में न्यूनतम सबूत हैं। किशोर एथलीटों में प्रोटीन के सप्लिमेंट में व्यायाम प्रदर्शन के लिए अतिरिक्त लाभ नहीं हो सकते[92] हालांकि कुछ सबूत हैं कि वे व्यायाम के बाद की उत्तेजक प्रत्युत्तरों को कम कर सकते हैं[92] और व्यायाम के बाद की मांसपेशियों के उपचय पर तीव्र लाभ हो सकते हैं; हालांकि, प्रदर्शनकारी मांसपेशी की क्षति और पुन-प्राप्ति में परिवर्तन स्पष्ट रूप से नहीं दिखाए गए।[93] इसलिए, नियमित PA में भाग लेने वाले युवाओं को नेमी रूप से प्रोटीन सप्लिमेंट लेने की सिफारिश नहीं की जानी चाहिए।

किशोर खेल प्रतिस्पर्धी अक्सर खेल के पूरकों का उपयोग करते हैं।[94,95] हालांकि, इंटरनेशनल सोसाइटी ऑफ स्पोर्ट्स न्यूट्रीशन के प्रदर्शन-बढ़ाने के पूरकों की समीक्षा ने 18 साल से कम उम्र के बच्चों में उनके उपयोग के लिए प्रभावकारिता डेटा की कमी की पहचान की थी।[96] इसलिए, प्रशिक्षण अनुकूलन को अधिकतम करने के लिए खाद्य पदार्थ के उपयोग करने पर परामर्श को प्राथमिकता दी जानी चाहिए। स्पोर्ट्स सप्लिमेंट का सेवन करने के जोखिमों पर सलाह, जिसमें प्रदर्शन-बढ़ाने वाले प्रतिबंधित पदार्थों वाले सम्मिश्रण शामिल है, खेल और प्रतियोगिता स्तर के अनुसार एंटी-डोपिंग पर मार्गदर्शन के साथ प्रदान की जानी चाहिए। कुछ खेल 18 वर्ष से कम उम्र के डोपिंग रोधी प्रक्रियाएं शुरू करते हैं। खेलों में कई राष्ट्रीय खेल संगठनों के माध्यम से एंटी डोपिंग पर शैक्षिक कार्यक्रम उपलब्ध हैं। इंसुलिन के लिए चिकित्सीय उपयोग की छूट के बारे में जानकारी विश्व डोपिंग विरोधी प्राधिकरण की वेबसाइट (https://www.wada-ama.org) पर उपलब्ध है।

6.3 अल्कोहल

किशोरों और युवा वयस्कों को व्यायाम और कम होने वाले BGL के प्रत्युत्तर पर अल्कोहल के प्रभावों को समझने की जरूरत है। अल्कोहल सेवन का समर्थन किए बिना अल्कोहल से सुरक्षा की सलाह दी जानी चाहिए क्योंकि कुछ खेल "अल्कोहल पीने" की संस्कृति से जुड़े होते हैं। डायबिटीज़ से पीड़ित वयस्कों में अध्ययन के आधार पर, अल्कोहल हेपेटिक ग्लूकोनोजेनेसिस (लेकिन ग्लाइकोजेनोलिसिस नहीं) को रोककर ग्लूकोज़ प्रतिविनियमन को क्षीण करता है और हाइपोग्लाइसीमिया के जोखिम को बढ़ाता है।[97-100] व्यायाम से पहले और इसके दौरान अल्कोहल का सेवन करने से बचना चाहिए, क्योंकि यह हाइपोग्लाइसीमिया जोखिम को बढ़ा सकता है, और प्रदर्शन को खराब कर सकता है, जिसमें व्यायाम के बाद रात्रिकालीन हाइपोग्लाइसीमिया शामिल है। यदि व्यायाम के बाद अल्कोहल का सेवन किया जाता है, तो इस अध्याय (तालिकाएं A-E) में चर्चा की गई समायोजन तालिकाओं से अधिक इनवेसिव इंसुलिन को कम करने और पूरक कार्बोहाइड्रेट की मात्रा बढ़ाने की सलाह देना ज़रूरी हो सकता है।

6.4 कम कार्बोहाइड्रेट वाले आहार

किसी भी अध्ययन ने विशेष रूप से कम कार्बोहाइड्रेट वाले आहार का सेवन करके डायबिटीज़ से पीड़ित युवाओं के व्यायाम प्रदर्शन की जांच नहीं की। बिना डायबिटीज़ वाले वयस्क मनोरंजक व्यायाम करने वालों की हाल ही में व्यवस्थित समीक्षा ने कम कार्बोहाइड्रेट आहार पर आहार अनुकूलन के बाद एरोबिक प्रदर्शन या थकावट में कोई कमी नहीं दिखाई।[101] एकमात्र अंतर उच्चतर FFA उपयोग था।[101] हालांकि, जब सर्वोत्कृष्ट सहनशक्ति वाले एथलीटों ने कम कार्बोहाइड्रेट आहार का सेवन किया, तो चिकित्सीय ट्रायल ने व्यायाम की व्यवस्था और प्रदर्शन में एक नुकसान दिखाया है।[102] सर्वोत्कृष्ट स्तर के प्रदर्शन में कमी को हाल ही में दोहराया गया है, और नुकसान के लिए कुंद कार्बोहाइड्रेट ऑक्सीकरण दरों को जिम्मेदार ठहराया गया था।[102]

यह संदेहास्पद है कि यह शोध T1D से पीड़ित बच्चों के लिए कितना प्रासंगिक है जो बहिर्जात इंसुलिन लगवा रहे हैं। T1D से पीड़ित लोगों में परिधीय परिसंचारी इंसुलिन का एक स्तर होता है जो बिना डायबिटीज़ वाले लोगों की तुलना में 2.5 गुना अधिक होता है।[103] परिधीय इंसुलिन का एक उच्च स्तर लिवर और मांसपेशियों के चयापचय को बदल देता है।[104] क्लिनिकल ट्रायल की अनुपस्थिति में, इस आहार उपागम के निमित्त, विशेष रूप से इष्टतम व्यायाम प्रदर्शन के लिए परामर्श करना उचित है। यदि कोई बच्चा या परिवार कम कार्बोहाइड्रेट वाले आहार का सेवन करता है, तो सुरक्षित रूप से व्यायाम करने के लिए सलाह देना आवश्यक है। शुरू करने के लिए तालिका 2 और 3 में सुझाई गई इंसुलिन समायोजन रणनीतियों का पालन करना विवेकपूर्ण है। हालांकि, व्यायाम के दौरान आवश्यक पूरक कार्बोहाइड्रेट की मात्रा तालिका 4 और 5 में इंगित की गई की तुलना में कम हो सकती है। एक विकासशील प्लान के साथ एक वैयक्तिकृत आकलन और ट्रायल व त्रुटि की प्रक्रिया की आवश्यकता होगी।

6.5 सर्वोत्कृष्ट एथलीट और उच्च प्रदर्शक

डायबिटीज़ से पीड़ित उच्च प्रदर्शन करने वाले एथलीटों का समर्थन करने के लिए आवश्यक पोषण संबंधी आवश्यकताओं और उन्नत इंसुलिन समायोजन रणनीतियों के बारे में विशिष्ट सिफारिशें इस अध्याय के दायरे से परे हैं। सर्वोत्कृष्ट स्तर के खेलों में भाग लेने वाले युवाओं को व्यायाम और T1D प्रबंधन में बहु-विषयक विशेषज्ञता वाली टीम को भेजा जाना चाहिए।

पोषण खंड नियमित प्रशिक्षण और प्रतियोगिता अनुसूची के आधार पर ऊर्जा, कार्बोहाइड्रेट और प्रोटीन की जरूरतों की गणना करने पर चर्चा करता है। हाल ही के एक समीक्षा लेख में अनुकूलित इंसुलिन समायोजन रणनीतियों और विभिन्न तौर-तरीकों और व्यायाम अवधि के लिए गतिशील प्रशिक्षण प्रोटोकॉल की योजना बनाने पर चर्चा की गई है।[9,70,105-108]

7. तीव्र व्यायाम प्रबंधन के लिए इंसुलिन और पोषण रणनीतियों को एकीकृत करना

अध्ययन प्रतिभागियों की उम्र और लिंग के बारे में स्पष्टीकरण के साथ नीचे दी गई सिफारिशों को स्पष्ट करने के लिए तालिका 2-6 शामिल की गई हैं।

7.1 योजनाबद्ध व्यायाम

कम से कम तीस मिनट तक चलने वाले योजनाबद्ध व्यायाम के लिए इसके पहले, इसके दौरान, इसके बाद में और फिर रात भर चिकित्सा प्रबंधन रणनीतियों की आवश्यकता होती है। 5.0-15.0 mmol/L या 90-270 mg/dL की व्यायाम की रेंज में गतिविधि के दौरान ग्लूकोज़ स्तर बनाए रखने और व्यायाम प्रेरित-हाइपोग्लाइसीमिया को रोकने के लिए इंसुलिन समायोजन और पोषण रणनीतियों की एक विस्तृत श्रृंखला को संयुक्त किया जा सकता है। यह सर्वोपरि है कि स्वास्थ्य देखभाल का पेशेवर व्यक्ति डायबिटीज़ से पीड़ित व्यक्ति से सुनिश्चित करता है, और यदि आवश्यक हो, तो उनके परिवार को पता हो कि परीक्षण और त्रुटि की आवश्यकता हो सकती है और यह कि योजनाओं को देखे गए परिणामों के आधार पर अनुकूलित किया जाना चाहिए। इंसुलिन पंप या निरंतर त्वचा के नीचे इंसुलिन इन्फ़्यूज़न (CSII - तालिका 2) और कई दैनिक इंजेक्शन (MDI - तालिका 3) समायोजन तालिकाएं शुरुआती प्लान और समायोजन प्रोटोकॉल प्रदान करती हैं। तालिका 4 और 5 क्रमशः SMBG और CGM का उपयोग करने वाले लोगों के लिए व्यायाम के दौरान और हर 30 मिनट और 20 मिनट में हाइपोग्लाइसीमिया को रोकने के लिए कार्बोहाइड्रेट की गणना करने के तरीके के बारे में सलाह देते हैं। व्यायाम के दौरान, भोजन, स्नैक्स और कार्बोहाइड्रेट की जानकारी तालिका 6 में देख सकते हैं।

तालिका 2-6 में दी गई सिफारिशें मुख्य रूप से छोटी संख्या में स्वस्थ वयस्कों के ट्रेडमिल या साइकिल एर्गोमीटर पर किए गए अध्ययनों पर आधारित हैं और युवाओं के लिए वास्तविक दुनिया के व्यायाम की नकल नहीं करते। इसलिए, कम दुबले शरीर के द्रव्यमान वाली आबादी, जैसे कि निष्क्रिय, अधिक वजन या मोटापे से ग्रस्त युवाओं के लिए बहिर्वेशन करना समस्याग्रस्त हो सकता है। इन लोगों के लिए विशिष्ट विचारों पर संबंधित खंडों और तालिकाओं में चर्चा की गई है। अंत में, तालिकाओं का उपयोग करने से एक ही अभ्यास के लिए ग्लूकोज़ प्रत्युत्तरों में काफी अंतर और अंतर-व्यक्तिगत भिन्नता के कारण आबादी में सुसंगत परिणाम नहीं मिलेंगे। तालिकाओं से ईजाद किए गए प्लान के प्राप्तकर्ताओं को उनकी सीमाओं के बारे में सूचित किया जाना चाहिए और वे केवल एक प्रारंभिक बिंदु हैं जिन्हें परीक्षण और त्रुटि से अनुकूलन की जरूरत है।

7.2 योजनाबद्ध व्यायाम से पहले: इंसुलिन समायोजन और पोषण से जुड़ी रणनीतियाँ

T1D से पीड़ित युवाओं में असमायोजित भोजन के समय लिए गए इंसुलिन बोलस के बाद व्यायाम करने से हाइपोग्लाइसीमिया हो सकता है, [65,70] भले ही व्यायाम के दौरान 15 ग्राम कार्बोहाइड्रेट का सेवन किया गया हो। [71] व्यायाम से पहले प्रांडियल इंसुलिन में 25-75% की कमी एरोबिक [72,73,109], मिश्रित [73], और एनारोबिक [73] व्यायाम हाइपोग्लाइसीमिया को रोकने में वयस्कों के लिए कारगर साबित हुई है। वयस्क पुरुषों में, व्यायाम से 1-2 घंटे पहले की गई प्रांडियल इंसुलिन की कमी [109,110] व्यायाम से 2-4 घंटे पहले की गई कमी की तुलना में व्यायाम से पहले हाइपरग्लेसीमिया को सीमित करती है। [73,110] वयस्क पुरुषों के आंकड़ों को युवाओं के लिए बहिर्वेशन करते समय, भोजन और गतिविधि के बीच समय अंतराल को सुनिश्चित करना महत्वपूर्ण लगता है और सलाह दी जाती है कि व्यायाम पूर्व बोलस इंसुलिन घटाते समय आदर्श रूप में इसे 90 मिनट के भीतर रखने का लक्ष्य रखा जाए। वयस्क पुरुषों में गैस्ट्रो-इंटेस्टाइनल पीड़ा निवारण के लिए, शरीर के वजन (ग्राम/किलो/BW) के प्रति किलोग्राम 1.0-1.5 ग्राम का कम वसा वाला कार्बोहाइड्रेट युक्त भोजन कारगर साबित हुआ है और व्यायाम शुरू करने के दो घंटे के भीतर खाने पर सुपाच्य रहता है। [109,110] यदि युवा व्यक्ति का बॉडी मास इंडेक्स (BMI) सेंटाइल [3] 91$^{वां}$ है, उनका आदर्श शरीर वजन (IBW) उपयोग करें, जब तक कि उच्च BMI सेंटाइल बड़े मांसपेशी द्रव्यमान के कारण न हो। किलो में IBW की गणना के लिए BMI विधि [उम्र*(ऊंचाई मीटर में)^2 के लिए 50$^{वां}$ सेंटाइल पर BMI को बाल रोग में मान्य किया गया है। [111]

जब भोजन के दो घंटे से अधिक के उपरान्त व्यायाम शुरू करने कि योजना हो, तब अत्यधिक हाइपरग्लेसीमिया के निवारण के लिए यह परामर्श योग्य है कि नियमित भोजन इंसुलिन खुराक दिया जाए, जिसे वयस्क के भोजन में व्यायाम से 2-4 घंटे पहले कटौती करने पर देखा गया है[73]। इंसुलिन पंप बेसल दर में 50% और 80% की कमी ने प्रांडियल इंसुलिन की अनुपस्थिति में एरोबिक व्यायाम के दौरान हाइपोग्लाइसीमिया के खतरे को कम किया जब कमी को व्यायाम से 90 मिनट पहले सक्रिय किया गया था। [112] हालांकि, व्यायाम की शुरुआत में इंसुलिन पंप को डिस्कनेक्ट करना आम तौर पर व्यायाम के दौरान हाइपोग्लाइसीमिया का निवारण नहीं करता। [112,113] यदि

तालिका 2. इंसुलिन पंप इंसुलिन समायोजन और पोषण संबंधी सिफारिशें एनारोबिक के लिए पहले, इसके तुरंत बाद, और रात भर, मिश्रित और एनारोबिक गतिविधि कम से कम 30 मिनट तक चलती हैं। तालिका एक शुरुआती प्लान का सुझाव देती है (दी जाने वाली पहली सिफारिश) जिसे बाद में व्यक्तिगत रूप से अनुकूलित किया जा सकता है (साक्ष्य स्तर D)। यह तालिका शुरुआती प्लान के परीक्षण के आधार पर प्लान (ग्रे में दी गई पहली सिफारिश) को अनुकूलित करने के तरीके के बारे में मार्गदर्शन प्रदान करती है। हाइपर- या हाइपोग्लाइसीमिया के परिणामस्वरूप केवल पहले या बाद की रणनीति को समायोजन की आवश्यकता होती है, न कि पूरी योजना को समायोजन की आवश्यकता होती है।

		व्यायाम से पहले			व्यायाम के बाद	
		प्रांडियल इंसुलिन	गैर-निराहार व्यायाम के लिए बेसल दर	व्यायाम के बाद प्रांडियल इंसुलिन	यदि 16:00 बजे के बाद व्यायाम करते हैं और व्यायाम की अवधि 30 मिनट से अधिक हो, तो एक या दोनों विकल्प चुनें	
व्यायाम प्रकार	प्लान का कार्यान्वयन	यदि व्यायाम से 2 से अधिक घंटे पहले भोजन किया जाता है, तो हाइपरग्लेसीमिया को रोकने के लिए नियमित प्रांडियल खुराक लें [73] यदि व्यायाम के 2 घंटे के भीतर भोजन किया जाता है, तो इन सुझावों का उपयोग करके प्रांडियल खुराक समायोजित करें [72,109,110]	यदि प्रांडियल इंसुलिन के बाद से व्यायाम 120 मिनट से अधिक है, तो बेसल में 90 मिनट पहले कमी होती है [112]	प्रांडियल इंसुलिन की कमी	बेसल दर में परिवर्तन	यदि सोने से पहले बोलस इंसुलिन के बिना, ग्लूकोज़ का स्तर 10.0 mmol/L (180 mg/dL) कम ग्लाइसीमिक इंडेक्स कार्ब्स स्नैक से कम है [128] यदि ग्लूकोज़ का स्तर 7.0 mmol/L (126 mg/dL) से कम है, तो एक अतिरिक्त 15 ग्राम प्रोटीन जोड़ें [128]

एरोबिक	> 15.0 mmol/L (270 mg/dL) शुरुआती प्लान उपयोग करना	-25% 73,109	-25%	-25%	नियमित खुराक	0.2 ग्राम/किलो/BW †
	शुरुआती प्लान	**-50%** [72,73,109]	**-50%** [112]	**-50%** [110]	**-20 % 6 घंटे के लिए** [62]	**0.4 ग्राम/किलो/BW** † [72,110]
	< 5.0 mmol/L (90 mg/dL) शुरुआती प्लान उपयोग करना	-75% [73,110]	-80% [112]	-75%	-40 %6 घंटे के लिए	0.6 ग्राम/किलो/BW†
मिश्रित	> 15.0 mmol/L (270 mg/dL) शुरुआती प्लान उपयोग करना	-25% [73]	नियमित खुराक	नियमित खुराक [72,73]	नियमित खुराक	0.2 ग्राम/किलो/BW †
	शुरुआती प्लान	**-50%** [72,73]	**-25%**	**-25%**	**-20 % 6 घंटे के लिए**	**0.4 ग्राम/किलो/BW** † [72]
	< 5.0 mmol/L (90 mg/dL) शुरुआती प्लान उपयोग करना	-75% [73]	-50%	-50%	-40 % 6 घंटे के लिए	0.6 ग्राम/किलो/BW †
एनारोबिक	> 15.0 mmol/L (270 mg/dL) शुरुआती प्लान उपयोग करना	नियमित खुराक	नियमित खुराक और छोटा बोलस 15 मिनट पूर्व व्यायाम	नियमित खुराक [73]	नियमित खुराक	0.2 ग्राम/किलो/BW†
	शुरुआती प्लान	**-25% 73**	**नियमित खुराक**	**-25%**	**-20 % 6 घंटे के लिए**	**0.4 ग्राम/किलो/BW** †
	< 5.0 mmol/L (90 mg/dL) शुरुआती प्लान उपयोग करना	-50% [73]	-25%	-50%	-40 % 6 घंटे के लिए	0.6 ग्राम/किलो/BW†

† BW = शरीर का वजन ‡, यदि बॉडी मास इंडेक्स सेंटाइल ≥ 91 वां है, तब किलो = [उम्र* के लिए 50 वें सेंटाइल पर BMI (ऊँचाई मीटर में)2] में IBW का उपयोग तब तक करें [111], जब तक उच्च BMI सेंटाइल बड़े मांसपेशी द्रव्यमान के कारण न हो। स्वस्थ पुरुष वयस्कों, जैसे महिलाओं और सुस्त पुरुषों की तुलना में कम वसा के शरीर द्रव्यमान वाली आबादी के लिए कार्बोहाइड्रेट कम करने के सुझावों पर विचार करें वयस्क पुरुष डेटा। [73,109,110] वयस्क पुरुष और महिला डेटा। [72,112,128] बाल चिकित्सा पुरुष और महिला डेटा। [62,111]

व्यायाम से पहले भोजन का सेवन व्यायाम से 2-3 घंटे पहले किया जाना है, तो भोजन में कार्बोहाइड्रेट की मात्रा को अधिकतम 2 ग्राम/किलो/BW तक रखना, व्यायाम की शुरुआत में अत्यधिक परिसंचारी इंसुलिन को रोकेगा। परिसंचारी बोलस इंसुलिन को कम करने [114] और व्यायाम के दौरान उपयोग के लिए कार्बोहाइड्रेट को पचाने और आत्मसात करने के लिए पर्याप्त समय प्रदान करने के लिए भोजन के समय और व्यायाम के बीच कम से कम तीन घंटे का अंतराल उत्तम है। [115] यदि अंतराल तीन घंटे से अधिक है, तो लिवर और मांसपेशी ग्लाइकोजन भंडार को बेहतर करने के लिए कार्बोहाइड्रेट के 1-3 ग्राम/किलो/शरीर का वजन (BW) युक्त भोजन को अनुशंसित किया जाता है जिसमें वसा मध्यम से कम हो। [115] उच्च प्रशिक्षण भार के साथ सहनशक्ति वाले एथलीटों को 4 ग्राम/किलो/BW की ज़रूरत हो सकती है।

7.3 योजनाबद्ध गतिविधि के दौरान: इंसुलिन समायोजन और पोषण से जुड़ी रणनीतियाँ

गतिविधि के दौरान ग्लूकोज़ प्रबंधन का मुख्य आधार अतिरिक्त कार्बोहाइड्रेट की खपत है। शोध दिखाते हैं कि उच्च परिसंचारी बोलस इंसुलिन की उपस्थिति में 0.5-1.0 ग्राम/किलो/घंटा की आवश्यकता होती है [70], लेकिन यदि अंतिम प्रांडियल इंसुलिन के बाद दो घंटे से अधिक का समय हो चुका है तो केवल 0.3-0.5 ग्राम/किलो/घंटा की आवश्यकता होती है। [116,117] SMBG का उपयोग करने वाले लोगों के लिए कार्बोहाइड्रेट आवश्यकता तालिका व्यायाम के पहले और हर 30 मिनट में कार्बोहाइड्रेट के लिए शुरुआती सुझाव देती है (वजन-बंधित सुझावों के लिए तालिका 4 और परिशिष्ट 1)। सुझाव व्यायामकर्ता के ग्लूकोज़ स्तर और वजन पर आधारित होते हैं और यदि व्यायाम के दौरान ग्लूकोज़ स्तर गिरने या स्थिर रहने या बढ़ने की संभावना है। व्यायाम के दौरान ग्लूकोज़ परिवर्तन की अपेक्षा व्यायाम के प्रकार, बोर्ड पर बोलस इंसुलिन, बेसल इंसुलिन में परिवर्तन और पिछले व्यायाम अनुभव पर आधारित होनी चाहिए।

CGM सिस्टम का उपयोग करने वाले डायबिटीज़ के रोगियों में, ग्लूकोज़ प्रवृत्तियों (तीरों की दिशा) पर विचार किया जाना चाहिए। यदि सेंसर ग्लूकोज़ सीमा रेखा पर है तो BGL को मापा जाना चाहिए क्योंकि व्यायाम के साथ सेंसर की सटीकता बिगड़ जाती है। CGM रीयल-टाइम ग्लूकोज़ स्तर और ट्रेंड तीरों के आधार पर कार्बोहाइड्रेट मात्रा के समायोजन की अनुमति दे सकता है। ग्लूकोज़ स्तर के आधार पर हर 10-20 मिनट में कम मात्रा में पूरक कार्बोहाइड्रेट प्रदान करने से चिकित्सीय रूप से महत्वपूर्ण

तालिका 3. कम से कम 30 मिनट तक चलने वाली एरोबिक, मिश्रित और एनारोबिक गतिविधि के लिए पहले, इसके तुरंत बाद और रात भर के लिए कई दैनिक इंजेक्शन इंसुलिन समायोजन और पोषण से जुड़ी सिफारिशें। यह तालिका साक्ष्य स्तर D के आधार पर एक शुरुआती प्लान (दी जाने वाली पहली सिफारिश) आधारित का सुझाव देती है। ये दिशानिर्देश शुरुआती बिंदु के रूप में काम करते हैं, जिनके लिए वैयक्तिकृत अनुकूलन की जरूरत होती है। तालिका शुरुआती प्लान के परीक्षण के आधार पर प्लान (ग्रे में दी गई पहली सिफारिश) को अनुकूलित करने के तरीके के बारे में मार्गदर्शन प्रदान करती है। हाइपर- या हाइपोग्लाइसीमिया के परिणामस्वरूप केवल पहले या बाद की रणनीति को समायोजन की आवश्यकता होती है, न कि पूरी योजना को समायोजन की आवश्यकता होती है।

		व्यायाम से पहले	**व्यायाम के बाद**		
		भोजन के समय इंसुलिन	**व्यायाम के बाद, भोजन के समय इंसुलिन**	**यदि 16:00 बजे के बाद व्यायाम करते हैं और व्यायाम की अवधि 30 मिनट से अधिक हो, तो एक या दोनों विकल्प चुनें**	
व्यायाम प्रकार	प्लान का कार्यान्वयन	यदि व्यायाम से 2 से अधिक घंटे पहले भोजन किया जाता है, तो हाइपरग्लेसीमिया को रोकने के लिए नियमित प्रांडियल खुराक लें [73] यदि व्यायाम के 2 घंटे के भीतर भोजन किया जाता है, तो इन सुझावों का उपयोग करके प्रांडियल खुराक समायोजित करें [109,110]	भोजन इंसुलिन की कमी	शाम बेसल इंसुलिन	यदि सोने से पहले बोलस इंसुलिन के बिना, ग्लूकोज़ का स्तर 10.0 mmol/L (180 mg/dL) कम ग्लाइसीमिक इंडेक्स कार्ब्स स्नैक से कम है [128] यदि ग्लूकोज़ का स्तर 7.0 mmol/L (126 mg/dL) से कम है, तो एक अतिरिक्त 15ग्राम प्रोटीन जोड़ें [128]
एरोबकि	> 15.0 mmol/L (270 mg/dL) शुरुआती प्लान उपयोग करना	-25% [109]	-25%	नियमित खुराक [110]	0.2 ग्राम/किलो/BW †
	शुरुआती प्लान	-50% [72,73,109]	-50% [110]	-20% [110]	0.4 ग्राम/किलो/BW † [72,110]
	< 5.0 mmol/L (90 mg/dL) शुरुआती प्लान उपयोग करना	-75% [73,110]	-75%	-40%	0.6 ग्राम/किलो/BW †
मिश्रित	> 15.0 mmol/L (270 mg/dL) शुरुआती प्लान उपयोग करना	-25% [73]	नियमित खुराक [72,73]	नियमित खुराक	0.2 ग्राम/किलो/BW †
	शुरुआती प्लान	-50% [72,73]	-25%	-20%	0.4 ग्राम/किलो/BW † [72]
	< 5.0 mmol/L (90 mg/dL) शुरुआती प्लान उपयोग करना	-75% [73]	-50%	-40%	0.6 ग्राम/किलो/BW †
एनारोबिक	> 15.0 mmol/L (270 mg/dL) शुरुआती प्लान उपयोग करना	नयिमति खुराक	नयिमति खुराक [73]	नियमित खुराक	0.2 ग्राम/किलो/BW †
	शुरुआती प्लान	-25% [73]	-25%	-20%	0.4 ग्राम/किलो/BW †
	< 5.0 mmol/L (90 mg/dL) शुरुआती प्लान उपयोग करना	-50% [73]	-50%	-40%	0.6 ग्राम/किलो/BW †

† BW = शरीर का वजन ǂ, यदि बॉडी मास इंडेक्स सेंटाइल ≥ 91 वां है,किलो = [उम्र* के लिए 50 वें पर्सेंटाइल पर BMI (ऊँचाई मीटर में)2] में IBW का उपयोग तब तक करें [111], जब तक उच्च BMI सेंटाइल बड़े मांसपेशी द्रव्यमान के कारण न हो। कम वसा के शरीर द्रव्यमान वाले लोग कार्बोहाइड्रेट को कम करने के सुझावों पर विचार करें, जैसे कि निष्क्रिय व्यक्ति। वयस्क पुरुष डेटा। [73,109,110] वयस्क पुरुष और महिला डेटा। [72,128] बाल चिकित्सा पुरुष और महिला डेटा। [111]

तालिका 4. सबूत स्तर D के आधार पर व्यायाम के दौरान पहले और हर 30 मिनट में T1D से पीड़ित बच्चों और किशोरों के लिए फ़िंगरस्टिक रक्त ग्लूकोज़ डिवाइसेस के लिए ग्लूकोज़ लक्ष्य और कार्बोहाइड्रेट की जरूरतें।

सेंसर या रक्त ग्लूकोज़ का स्तर	**व्यायाम के प्रकार, बोर्ड पर इंसुलिन और बोलस समायोजन, बेसल समायोजन और पिछले ग्लूकोज़ नियंत्रण के आधार पर, व्यायाम के दौरान अपेक्षित ग्लूकोज़ प्रत्युत्तर**	
	व्यायाम के दौरान गिरने की संभावना	**व्यायाम के दौरान स्थिर रहने या बढ़ने की संभावना**
इससे उच्चतर 15.0 mmol/L (270 mg/dL) और 0.6 mmol/L से अधिक कीटोन्स	कीटोन्स > 1.5 mmol/L: सामान्य कीटोन सलाह का पालन करें और व्यायाम से बचें कीटोन्स 1.1-1.4 mmol/L: पेन से 1/2 सुधार खुराक दें और व्यायाम करने के लिए 60 मिनट प्रतीक्षा करें कीटोन्स 0.6-1.0 mmol/L: पेन से ½ सुधार खुराक दें और व्यायाम करने के लिए 15 मिनट प्रतीक्षा करें	
इससे उच्चतर 15.0 mmol/L (270 mg/dL) और 0.6 mmol/L से कम कीटोन्स	सामान्य बोलस इंसुलिन सुधार के ½ पर विचार करें	
10.1-15.0 mmol/L (181-270 mg/dL)	कोई कार्बोहाइड्रेट नहीं	
कार्बोहाइड्रेट आवश्यकताएं (ग्राम/किलो/BW/30 मिनट 60 किलो से अधिक नहीं हैं)		
व्यायाम लक्ष्य† 7.0-10.0 mmol/L (126-180 mg/dL)	0.2 – 0.5 [117]	0
5,0-6,9 mmol/l (90-125 mg/dl)	0.5 [70]	0.2 [116]
व्यायाम में 20 मिनट के लिए विलंब करना या इसे रोकना 4,0-4,9 mmol/l (70-89 mg/dl)	0.3 [195]	0.3 [195]
3,0-3,9 mmol/l (54-70 mg/dl)	हाइपोग्लाइसीमिया का उपचार करें और 4.9 mmol/L (89 mg/dL) से अधिक तक व्यायाम में देरी करें	
3.0 mmol/L से कम (54 mg/dL)	हाइपोग्लाइसीमिया का उपचार करें और प्रतिनियामक हार्मोन प्रत्युत्तर में कमी के कारण व्यायाम शुरू न करें	

† यदि जोखिम हाइपोग्लाइसीमिया या हाइपोग्लाइसीमिया अनभिज्ञता मध्यम या उच्च है, तो व्यायाम लक्ष्य स्तर को क्रमशः 8.0-11.0 mmol/L (145-198 mg/dL) या 9.0-12.0 mmol/L (162-216 mg/dL) तक बढ़ाएं। ‡ 1.0-1.2 ग्राम प्रति मिनट तक उच्च बहिर्जात कार्बोहाइड्रेट उपयोग से अधिक सुझावों को रोकने के लिए कार्बोहाइड्रेट की मात्रा की गणना करते समय 60 किलोग्राम से अधिक न करें। [105-107,196] इसके अलावा, अगर बॉडी मास इंडेक्स (BMI) पर्सेंटाइल □ 91 है, तो किलो = [BMI 50 वें पर्सेंटाइल पर उम्र के लिए* (ऊंचाई मीटर में) 2] में शरीर के वजन (BW) का उपयोग तब तक करें [111], जब तक उच्च BMI पर्सेंटाइल बड़े मांसपेशी द्रव्यमान के कारण नहीं होता। वयस्क पुरुष डेटा। [105-107,196] वयस्क पुरुष और महिला डेटा। [116,117] बाल चिकित्सा पुरुष डेटा। [70] बाल चिकित्सा पुरुष और महिला डेटा। [111,195]

हाइपोग्लाइसीमिया खत्म होता है (< 3.0 mmol/L or < 54 mg/dL)। तालिका 5 (वेट बैंडेड सुझावों के लिए परिशिष्ट 2) हालिया ISPAD/EASD के आम सहमति वक्तव्य में ग्लूकोज़ मूल्य और ट्रेंड तीरों के आधार पर व्यायाम पूर्व और फिर हर 20 मिनट के लिए उपभोग किए जाने वाले कार्बोहाइड्रेट के लिए शुरुआती सुझाव देती है। [10] विभिन्न CGM उपकरणों में ट्रेंड तीरों की पर्याप्त व्याख्या के लिए, उनके अर्थ को समझना ज़रूरी है (तालिका 7)। व्यायाम के दौरान CGM सटीकता और मुद्दों से निपटने के लिए अहम जानकारी पाने के लिए पाठक को EASD/ISPAD सर्वसम्मति वक्तव्य के लिए संदर्भित किया जाता है, जिससे महत्वपूर्ण विचारों का सारांश तालिका 8 में प्रस्तुत किया जाता है। [10]

तालिका 5, सबूत स्तर D के आधार पर, व्यायाम के दौरान पहले और हर 20 मिनट में T1D से पीड़ित बच्चों और किशोरों के लिए ग्लूकोज़ मूल्य और ट्रेंड तीरों के आधार पर CGM और कार्बोहाइड्रेट जरूरतों के लिए ग्लूकोज़ लक्ष्य। 10

सेंसर या रक्त ग्लूकोज़ का स्तर	**ट्रेंड तीर**	**व्यायाम के प्रकार, बोर्ड पर इंसुलिन और बोलस समायोजन, बेसल समायोजन और पिछले ग्लूकोज़ नियंत्रण के आधार पर, व्यायाम के दौरान अपेक्षित ग्लूकोज़ प्रत्युत्तर** यदि 20 मिनट से अधिक के अंतराल पर जांच किया जाता है, तो स्थिर ट्रेंड तीरों के आधार पर कार्बोहाइड्रेट की मात्रा का चयन करें और आवृत्ति की जाँच के अनुसार समायोजित करें	
		व्यायाम के दौरान गिरने की संभावना	**व्यायाम के दौरान स्थिर रहने या बढ़ने की संभावना**
इससे उच्चतर 15.0 mmol/L (270 mg/dL) और कीटोन्स इससे अधिक 0.6 mmol/L	सभी	कीटोन्स > 1.5 mmol/L: सामान्य कीटोन सलाह का पालन करें और व्यायाम से बचें कीटोन्स 1.1-1.4 mmol/L: पेन से 1/2 सुधार खुराक दें और व्यायाम करने के लिए 60 मिनट प्रतीक्षा करें कीटोन्स 0.6-1.0 mmol/L: पेन से ½ सुधार खुराक दें और व्यायाम करने के लिए 15 मिनट प्रतीक्षा करें	
इससे उच्चतर 15.0 mmol/L (270 mg/dL) और 0.6mmol/L से कम कीटोन्स	→ ↗↑	सामान्य बोलस इंसुलिन सुधार के ½ पर विचार करें	
	↘↓	कोई कार्बोहाइड्रेट नहीं	
कार्बोहाइड्रेट आवश्यकताएं (ग्राम/किलो/BW/20 मिनट 60 किलो से अधिक नहीं हैं)			
10.1-15.0 mmol/L (181-270 mg/dL)	↑	0	0
	↗	0	0
	→	0	0
	↘	0.1	0
	↓	0.2	0
व्यायाम लक्ष्य† 7,0-10,0 mmol/l (126-180 mg/dl)	↑	0	0
	↗	0.1	0
	→	0.2	0
	↘	0.3	0.1
	↓	0.4	0.2
5,0-6,9 mmol/l (90-125 mg/dl)	↑	0.1	0
	↗	0.2	0.1
	→	0.3	0.2
	↘	0.4	0.3
	↓§	0.5	0.4
4,0-4,9 mmol/l (70-89 mg/dl)	↑	0.2	0.1
	↗	0.3	0.2
व्यायाम में 20 मिनट विलंब करना या इसे रोकना 4,0-4,9 mmol/l (70-89 mg/dl)	→	0.3	0.3
	↘§	0.4	0.4
	↓§	0.5	0.5
3,0-3,9 mmol/l (54-70 mg/dl)	सभी तीर	हाइपोग्लाइसीमिया का इलाज करें और 4.9 mmol/L (89 mg/dL) से अधिक तक व्यायाम में देरी करें	
Inférieure à 3,0 mmol/l (54 mg/dl)	सभी तीर	हाइपोग्लाइसीमिया का उपचार करें और बिगड़ा हुआ प्रतिनियामक हार्मोन प्रत्युत्तर के कारण व्यायाम शुरू न करें	

† यदि जोखिम हाइपोग्लाइसीमिया या हाइपोग्लाइसीमिया अनभिज्ञता मध्यम या उच्च है, तो व्यायाम लक्ष्य स्तर को क्रमशः 8.0-11.0 mmol/L (145-198 mg/dL) या 9.0-12.0 mmol/L (162-216 mg/dL) तक बढ़ाएं। ‡ 1.0-1.2 ग्राम प्रति मिनट के उच्च बहिर्जात कार्बोहाइड्रेट उपयोग से अधिक सुझावों को रोकने के लिए कार्बोहाइड्रेट की मात्रा की गणना करते समय 60 किलोग्राम से अधिक न करें। [105-107,196] इसके अलावा, अगर बॉडी मास इंडेक्स (BMI) पर्सेंटाइल ≥ 91 है तो किलो में = [BMI 50 वें पर्सेंटाइल पर उम्र के लिए* (ऊंचाई मीटर में) 2] में शरीर के वजन (BW) का उपयोग तब तक करें [111], जब तक उच्च BMI पर्सेंटाइल बड़े मांसपेशी द्रव्यमान के कारण नहीं होता। § रक्त ग्लूकोज़ परीक्षण पर विचार करें, क्योंकि CGM मान कम हो सकता है। वयस्क पुरुष डेटा। [105-107,196] बाल चिकित्सा पुरुष और महिला डेटा। [111]

तालिका 6. स्तर D साक्ष्य के आधार पर, कम से कम 30 मिनट तक चलने वाली एरोबिक, मिश्रित और एनारोबिक गतिविधि के लिए पहले, इसके तुरंत बाद और रात भर के लिए पोषण के उदाहरण।

व्यायाम से पहले	**व्यायाम के दौरान**	**व्यायाम के पश्चात**	**Avant le coucher**
लक्ष्य इंसुलिन को कम करने के लिए व्यायाम से कम से कम 180 मिनट पहले भोजन करना है और [114] व्यायाम के बाद सामग्री का सेवन करने से जुड़े उदाहरणों को [115] उपयोग में लाकर ग्लाइकोजन को बढ़ाना है यदि व्यायाम के 180 मिनट के भीतर भोजन करते हैं, तो व्यायाम के 60-90 मिनट के भीतर खाने का लक्ष्य रखें, ताकि व्यायाम से पहले हाइपरग्लाइसीमिया के जोखिम को कम किया जा सके [109,110]	व्यायाम के दौरान, अक्सर परीक्षण करते समय उच्च ग्लाइसीमिक इंडेक्स कार्बोहाइड्रेट विकल्प व्यायाम के दौरान, अक्सर या कभी नहीं परीक्षण किए जाने पर मध्यम ग्लाइसीमिक इंडेक्स कार्बोहाइड्रेट विकल्प	व्यायाम पूरा करने के 90 मिनट के अंदर भोजन प्रोटीन वाले खाद्य पदार्थ के सेवन को प्राथमिकता दें	16:00 बजे के बाद व्यायाम तथा अवधि ≥ 30 मिनट ग्लूकोज़ स्तर < 10 mmol/L (180mg/dL)‡: कार्ब [128] ग्लूकोज़ स्तर < 10 mmol/L (180mg/dL)‡: कार्ब + प्रोटीन [128]
व्यायाम के 60-90 मिनट के अंदर भोजन तत्व: कार्ब: 1-1.5 ग्राम/किलो/BW*, प्रोटीन: कम, वसा: कम [109,110]	**कार्बोहाइड्रेट मात्रा:** कार्बोहाइड्रेट की जरूरत तालिका C और D	**भोजन तत्व:** कार्ब 1-4 ग्राम/किलो/BW*, प्रोटीन: ≥ 15ग्राम, वसा: मध्यम [115]	**स्नैक तत्व:** कार्ब: 0.4 ग्राम/किलो/BW* निम्न-मध्यम ग्लाइसीमिक इंडेक्स [72,110] प्रोटीन: 15ग्राम
60-90 मिनट के अंदर भोजन के लिए नाश्ते के उदाहरण†: फल की सलाद टोस्ट/मार्माइट या वेजेमाइट/फल नाश्ता अनाज/दूध ओट आधारित मूसली बार पिकलेट बैगेल/कम वसा वाला क्रीम पनीर पैनकेक्स	**तरल पदार्थ के विकल्प†:** **ग्लूकोज़ आधारित (सबसे प्रभावी) विकल्प:** आइसोटॉनिक स्पोर्ट्स पेय 6-8% (6-8 ग्राम/100ml) ग्लूकोज़ ऊर्जा पेय 8-10% (8-10 ग्राम/100ml) ग्लूकोज़ शॉट्स 25% (25 ग्राम/100ml) ग्लूकोज़ स्पोर्ट्स जैल 60-70% (60-70 ग्राम/100ml) सुक्रोज़ (ग्लूकोज़/फ्रूक्टोज़) विकल्प: फलों का जूस 11% (11 ग्राम/100ml) मीठे पेय 8-10% (8-10 ग्राम/100ml)	**नाश्ते के उदाहरण†:** फल सलाद / दूध /मेवा/दही टोस्ट / अंडे / टमाटर / फल नाश्ता अनाज/दूध रोल किए हुए ओट्स / दूध/मेवा/फल टोस्ट/अवोकाडो/अंडे पैनकेक्स/बेकन/मशरूम/टमाटर ऑमलेट/पनीर/सलाद/ब्रेड रोल क्रेप्स/चिकन/मटर का सलाद	**निम्न-मध्यम ग्लाइसीमिक इंडेक्स कार्ब विकल्प†:** 200 ग्राम दूध (10 ग्राम) 1 मल्टीग्रेन ब्रेड का एक स्लाइस या टोस्ट (15 ग्राम) 50 ग्राम पका हुआ चना (15 ग्राम) 1 बड़ा सेब या मध्यम आकार का केला (15 ग्राम) 200 ग्राम सादा दही (14 ग्राम) 50 ग्राम पका हुआ चावल (15 ग्राम) 30 ग्राम साबुत अनाज नाश्ता(15-20 ग्राम) 50 ग्राम पकाए गए नूडल या पास्ता (15 ग्राम)
60-90 मिनट के अंदर भोजन के लिए लंच के उदाहरण†: सैंडविच या ब्रेड रोल / सलाद चावल केक/वेजेमाइट या मार्माइट रैप/वसा रहित मांस/सलाद गेहूँ के आटे का बिस्कुट / फल चावल/तली हुई सब्जियां टोस्ट/मार्माइट या वेजेमाइट/फल	**ठोस विकल्प†:** ग्लूकोज़ आधारित (सबसे प्रभावी) विकल्प: डेक्सट्रोज़ टेब्लेट (3 ग्राम प्रत्येक) ग्लूकोज़ टेब्लेट (4 ग्राम प्रत्येक) सुक्रोज़ (ग्लूकोज़/फ्रूक्टोज़) विकल्प: कैंडी/मिठाई 75-90% (75-90 ग्राम/100ग्राम)	**लंच के उदाहरण†:** सैंडविच या ब्रेड रोल/वसा रहित मांस या पनीर/सलाद साबुत अनाज का टोस्ट/मूंगफली का मक्खन/केला रैप/चिकन/सलाद/पकाई गई फलियां गेहूं के आटे के बिस्कुट/कम वसा वाले पनीर/फल कूस कूस/हम्मस/सब्जियां/फल पास्ता/अवोकाडो/चिकन/सब्जियां/पेस्टो कैसेलिडा/सब्जियां/पनीर	**प्रोटीन के विकल्प†:** 50 ग्राम मिश्रित कटे हुए मेवे (8 ग्राम) 2 अंडे (14 ग्राम) 70 ग्राम डिब्बाबंद मछली (15 ग्राम) 150 ग्राम कम वसा वाला पनीर (15 ग्राम) 200 ml दूध (7 ग्राम) 200 ग्राम सादा दही (7 ग्राम) 50 ग्राम कठोर पनीर (12 ग्राम) 50 ग्राम पका हुआ चना (3 ग्राम)

60-90 मिनट के अंदर भोजन के लिए डिनर के उदाहरण†: चावल/सब्जियां/टमाटर आधारित सॉस सब्जी का सूप/ब्रेड रोल टॉर्टिला/सब्जियां/सालसा/गुआकामोल/फलियां जैकेट आलू/पकाई गई फलियां नूडल/तली हुई सब्जियां	**यदि व्यायाम के दौरान ग्लूकोज़ के स्तर की बार-बार या बिल्कुल निगरानी करने में असमर्थ हैं†:** व्यायाम के पहले और इसके दौरान इन चीजों का सेवन करें: केला (22 ग्राम /100 ग्राम) नाश्ता बार (67 ग्राम /100 ग्राम) मूसली बार (53 ग्राम /100 ग्राम) चावल के आटे से बना केक (83 ग्राम /100 ग्राम) अप एंड गो (10 ग्राम / 100ml) कम वसा वाला प्राकृतिक दही (7 ग्राम /100 ग्राम)	**डिनर के उदाहरण†:** पास्ता/टमाटर आधारित सॉस/कीमामीट/सब्जियां चावल/मछली/सब्जियां/टमाटर आधारित सॉस पैड थाई/मांस या मछली/सलाद जैकेट आलू/ट्यूना/मेयोनेज़/सलाद लज़ानिया/लहसुन ब्रेक/सब्जियां मेवा या दाल आधारित करी/चपाती/सलाद फलियों के साथ पकी हुई सब्जी/भुना हुआ आलू मसला हुआ आलू/बिना वसा वाला सॉस/सब्जियां	

†उदाहरण अनुमानित हैं, जो देश के अनुसार अलग-अलग होंगे, इसलिए, पाठक को व्यक्तिगत उत्पादों के पोषण लेबल की समीक्षा करनी चाहिए और प्रति 100ml या 100 ग्राम कार्बोहाइड्रेट के आधार पर अनुकूलन करना चाहिए। * BW = शरीर का वजन। यदि BMI पर्सेंटाइल ≥ 91वां है , तो किलो = [BMI 50वें पर्सेंटाइल पर उम्र* के लिए (मीटर में ऊँचाई)2] में BW का उपयोग तब तक करें [111] , जब तक उच्च BMI पर्सेंटाइल बड़े मांसपेशी द्रव्यमान के कारण न हो, और निष्क्रिय व्यक्तियों के लिए कार्बोहाइड्रेट की रेंज के निचले सिरे का उपयोग करें। ǂ लक्षित ग्लूकोज़ स्तर वैयक्तिकृत हो सकता है वयस्क पुरुष डेटा। [109,110,114] वयस्क पुरुष और महिला डेटा। [72,115,128] बाल चिकित्सा पुरुष और महिला डेटा। [111]

तालिका 7. ISPAD/EASD सर्वसम्मति कथन 2020 से ट्रेंड तीरों के संबंध में आम तौर पर प्रयुक्त CGM और isCGM डिवाइसेस का वर्णन। [10]

डिवाइस	ट्रेंड तीर	15 मिनट के अंदर व्याख्या	स्थिति कथन में उपयोग किए गए जेनेरिक ट्रेंड तीरों के अनुरूप है
एबॉट डिवाइसेस सेंसऑनिक्स डिवाइस	↑	> 30 mg/dL बढ़ाएं (1.7 mmol/L)	↑
	↗	15-30 mg/dL बढ़ाएं (0.8-1.7 mmol/L)	↗
	→	< 15 mg/dL (0.8 mmol/L) बढ़ाएं/घटाएं	→
	↘	15-30 mg/dL घटाएं (0.8-1.7 mmol/L)	↘
	↓	> 30 mg/dL घटाएं (1.7 mmol/L)	↓
डेक्सकॉम डिवाइसेस	↑↑	> 45 mg/dL बढ़ाएं (2.5 mmol/L)	↑
	↑	30-45 mg/dL बढ़ाएं (1.7-2.5 mmol/L)	
	↗	15-30 mg/dL बढ़ाएं (0.8-1.7 mmol/L)	↗
	→	< 15 mg/dL (0.8 mmol/L) बढ़ाएं/घटाएं	→
	↘	15-30 mg/dL घटाएं (0.8-1.7 mmol/L)	↘
	↓	30-45 mg/dL घटाएं (1.7-2.5 mmol/L)	↓
	↓↓	> 45 mg/dL घटाएं (2.5 mmol/L)	

मेडट्रोनिक डिवाइसेस [1]	↑↑↑	> 45 mg/dL बढ़ाएं (2.5 mmol/L)	↑
	↑↑	30-45 mg/dL बढ़ाएं (1.7-2.5 mmol/L)	
	↑	15-30 mg/dL बढ़ाएं (0.8-1.7 mmol/L)	↗
		< 15 mg/dL (0.8 mmol/L) बढ़ाएं/घटाएं	→
	↓	15-30 mg/dL घटाएं (0.8-1.7 mmol/L)	↘
	↓↓	30-45 mg/dL घटाएं (1.7-2.5 mmol/L)	↓
	↓↓↓	> 45 mg/dL घटाएं (2.5 mmol/L)	

[1] यदि मेडट्रोनिक CGM सिस्टम कोई ट्रेंड तीरों प्रदर्शित नहीं करता, तो इसका मतलब है कि सेंसर ग्लूकोज़ नीचे दिए गए विवरण के अनुसार स्थिर है।

तालिका 8. ISPAD/EASD सर्वसम्मति कथन 2020 के मुताबिक T1D के लिए व्यायाम के दौरान isCGM और CGM उपयोग की खास जानकारी ।[10]

सटीकता:

- व्यायाम के दौरान सापेक्ष अंतर (MARD) ~ 10% से 13.6% तक बढ़ जाता है
- रक्त ग्लूकोज़ और सेंसर ग्लूकोज़ के बीच का समय अंतराल ~ 5 मिनट से 12-24 मिनट तक होता है
- ग्लूकोज़ जितनी तेजी से बढ़ता है, रक्त ग्लूकोज़ और सेंसर ग्लूकोज़ के बीच का समय अंतराल उतना ही अधिक होगा

सुरक्षा:

- व्यायाम के दौरान निम्न अलर्ट को सामान्य से उच्चतर सेट करें, उदाहरण के लिए, 5.6 mmol/L (100 mg/dL)
- व्यायाम अनुभव और हाइपोग्लाइसीमिया के जोखिम के आधार पर व्यायाम लक्ष्य सेंसर ग्लूकोज़ लेवल बदलें
- यदि सेंसर ग्लूकोज़ 3.0 mmol/L (54 mg/dL) से कम हो जाता है, तो व्यायाम को फिर से शुरू नहीं किया जाना चाहिए
- हाइपोग्लाइसीमिया की रोकथाम के लिए कार्बोहाइड्रेट की आवश्यकता है या नहीं, यह निर्धारित करने के लिए व्यायाम के बाद सेंसर ग्लूकोज़ और ट्रेंड तीरों का उपयोग करें
- जहां उपयुक्त हो, फॉलोअर को व्यायाम के दौरान और इसके बाद और रात में सहायता करने के लिए प्रोत्साहित करें
- अलर्ट और अलार्म के बिना सिस्टम के लिए रात भर आवधिक जाँच को प्रोत्साहित करें

दीर्घकालिक एरोबिक व्यायाम के दौरान, CGM लगभग 12 ± 11 मिनट पीछे रहता है। [118] इसलिए, यह सुझाव दिया जाता है कि यदि आसन्न या वर्तमान हाइपोग्लाइसीमिया नोट किया गया हो, तो व्यक्ति कैपिलरी ग्लूकोज़ माप द्वारा ग्लूकोज़ के स्तर की पुष्टि करें। [118] SMBG पर CGM प्रौद्योगिकी के लाभों के क्लिनिकल ट्रायल और T2D से पीड़ित किशोरों के लिए व्यायाम व्यवहार की आवश्यकता है।

वयस्क पुरुषों में ग्लूकोज़ के गैस्ट्रोइंटेस्टाइनल अवशोषण की ऊपरी सीमा लगभग 1.0 ग्राम/min है। [105] युवाओं के लिए पुरुष वयस्क साहित्य को लागू करने से, तालिका 4 और 5 (परिशिष्ट) के लिए उपयोग की जाने वाली कार्बोहाइड्रेट की गणना 60 किलो तक सीमित थी, ताकि देरी से होने वाले हाइपरग्लेसीमिया के निराकरण के लिए अधिक ग्लूकोज़ का सुझाव दिया जा सके। तेजी से अवशोषित उच्च ग्लाइसीमिक इंडेक्स उत्पाद जैसे डेक्सट्रोज़ टैब्लेट, ग्लूकोज़ पेय और ग्लूकोज़ जैल सबसे कारगर होंगे जब हर 20 मिनट पर परीक्षण किया जाएगा (तालिका 5)। T1D से पीड़ित किशोरों में व्यायाम के दौरान, 8-10% कार्बोहाइड्रेट वाले स्पोर्ट्स ड्रिंक्स प्रभावी होते हैं। [119] फल, बिस्कुट/कुकीज़, चॉकलेट, और मिठाइयों जैसे अधिक धीमी गति से अवशोषित कार्बोहाइड्रेट का यदि हर 20 मिनट में इसका सेवन किया जाए तो ये व्यायाम के दौरान हाइपोग्लाइसीमिया और बाद में हाइपरग्लेसीमिया के जोखिम को बढ़ा सकते हैं। हालांकि, यदि परीक्षण कम बार-बार होता है, तो धीरे-धीरे अवशोषित कार्बोहाइड्रेट जैसे फल, अनाज बार या कम वसा वाले बिस्कुट प्रारंभिक हाइपरग्लेसीमिया को रोक सकते हैं। व्यायाम से पहले, इसके दौरान और बाद में भोजन के सुझावों के साथ व्यावहारिक पोषण संबंधी सिफारिश तालिका 6 में मिल सकती हैं। यदि ग्लूकोज़ का स्तर 1.5 mmol/L से कम कीटोन्स के साथ 15.0 mmol/L (270 mg/dL) से ऊपर है, तो सामान्य सुधार की आधी खुराक देकर हाइपरग्लाइसीमिया को ठीक किया जा सकता है। [59]

7.4 योजनाबद्ध गतिविधि के तुरंत बाद: इंसुलिन समायोजन और पोषण से जुड़ी रणनीतियाँ

व्यायाम पश्चात प्रांडियल इंसुलिन में 50% की कटौती वयस्क पुरुषों में एरोबिक व्यायाम के उपरान्त हाइपोग्लाइसीमिया के रोकथाम में कारगर साबित हुई है। [110] हालांकि, एरोबिक की तुलना में मिश्रित व्यायाम के बाद व्यायाम पश्चात ग्लूकोज़ का स्तर अधिक रहता है [72], इसलिए मिश्रित और एनारोबिक व्यायाम के बाद छोटे बोलस कटौती की आवश्यकता होती है। इसके अलावा, व्यायाम के दो घंटे उपरान्त वयस्क पुरुषों में मांसपेशियों और लिवर ग्लाइकोजन पुनः पूर्ति और मांसपेशी प्रोटीन संश्लेषण दर उच्चतम होती है। [120] इसलिए, युवाओं के लिए बहिर्वेशन, कार्बोहाइड्रेट का 1-4 ग्राम/किलो/BW और 15-20 ग्राम प्रोटीन के साथ व्यायाम के बाद संतुलित भोजन की सिफारिश करके इस एनाबॉलिक विंडो का लाभ उठाना विवेकपूर्ण लगता है। [72] केवल एन्डुरन्स एथलीटों को 3 ग्राम/किलो/BW या अधिक के कार्बोहाइड्रेट की आवश्यकता होगी और यदि BMI सेंटाइल [3] 91st है तो IBW का उपयोग किया जाना चाहिए।

व्यायाम समाप्त होने के तुरंत बाद लघु स्प्रिंट पूरा करने से व्यायाम के 120 मिनट बाद हाइपोग्लाइसीमिया को रोकने में मदद मिल सकती है। [67] हालांकि, व्यायाम के बाद ऑल-आउट स्प्रिंट को पूरा करने की व्यावहारिकता चुनौतीपूर्ण

साबित हो सकती है। इसलिए, इस रणनीति को व्यायाम के बाद की अवधि में खाना न खाने के लिए सबसे अच्छा आरक्षित किया जा सकता है, जहां बोलस की कटौती हाइपोग्लाइसीमिया का रोकथाम करेगी।

व्यायाम के तुरंत बाद ग्लूकोज़ का स्तर तेजी से बढ़ सकता है और इसके कई संभावित कारण हो सकते हैं।[59,121,122] पहला, कई एनारोबिक घटकों के साथ व्यायाम करने वाले पुरुष रक्तप्रवाह में लैक्टेट और एड्रेनालाइन दोनों का निर्माण करेंगे।[73] व्यायाम करने वाली मांसपेशियों के भीतर बचे हुए लैक्टेट लिवर में पहुँचते हैं, जहाँ उन्हें कोरी चक्र द्वारा ग्लूकोज़ में परिवर्तित किया जाता है और संचलन में वापस किया जाता है परिसंचारी एड्रेनालाइन का एक उच्च स्तर इंसुलिन प्रतिरोध और लिवर द्वारा संगृहीत ग्लाइकोजन के बहाव का कारण बनता है।[123,124] 10-15 मिनट के कूल-डाउन को पूरा करने से सीरम लैक्टेट का स्तर कम कर सकता है और इंसुलिन की 50% घटी हुई सुधार खुराक देना एक सामान्य सुझाव है।[59] हालांकि, कूल-डाउन का प्रयोगात्मक रूप से परीक्षण नहीं किया गया और उच्च तीव्रता अंतराल प्रशिक्षण के उपरान्त 100% और 150% सुधार इंसुलिन देना 50%की तुलना में अधिक प्रभावी था और हाइपोग्लाइसीमिया की दरों में उल्लेखनीय वृद्धि नहीं करते थे।[125] यदि व्यायामकर्ता गतिविधि के लिए इंसुलिन पंप को डिस्कनेक्ट करता है, तो व्यायाम बंद हो जाने पर इंसुलिन का संचार अपर्याप्त होगा, फलस्वरूप हाइपरग्लेसीमिया हो सकता है।[126] एक विकल्प गतिविधि से पहले या उसके दौरान छूटे बेसल दर का 50% बोलस करना है। अंत में, मान लीजिए कि व्यायाम के दौरान कार्बोहाइड्रेट की खपत 1.0 ग्राम/मिनट से अधिक हुई है और/या और धीमे अवशोषित होने वाला कार्बोहाइड्रेट जैसे कि बिस्कुट या चॉकलेट है। उस स्थिति में, बिना इंसुलिन की उपस्थिति के व्यायाम समाप्त होने के तुरंत बाद पचाने के लिए कार्बोहाइड्रेट का एक बैकलॉग होगा। व्यायाम पश्चात हाइपरग्लेसीमिया के इस कारण से बचने का सबसे आसान तरीका उच्च ग्लाइसीमिक विकल्पों जैसे डेक्सट्रोज़ टैब्लेट, स्पोर्ट्स ड्रिंक और जैल का कम मात्रा में अधिक बार सेवन करना है। तालिका 6 में व्यावहारिक सुझाव मिल सकते हैं।

7.5 योजनाबद्ध गतिविधि के बाद पूरी रात: इंसुलिन समायोजन और पोषण से जुड़ी रणनीतियाँ

45 मिनट तक के व्यायाम के बाद हाइपोग्लाइसीमिया का जोखिम 7-11 घण्टों के लिए बना रहता है, जो शाम 4 बजे के बाद की गई गतिविधि के लिए रात भर हाइपोग्लाइसीमिया के खतरे को बढ़ाता है।[61] MDI रेजिमेंस का उपयोग करने वाले वयस्कों के लिए बैकग्राउंड इंसुलिन को 20% तक कम करना कारगर साबित हुआ है[110] और रात में छह घंटे के लिए इंसुलिन पंप उपयोगकर्ताओं के लिए बेसल दरों को 20% कम करना T1D से पीड़ित युवाओं में हाइपोग्लाइसीमिया को कम करता है।[62] एक क्लोज्ड-लूप अध्ययन में 20% कटौती की प्रभावकारिता की पुष्टि की गई है जहां एक व्यायाम सत्र के उपरान्त बेसल इंसुलिन औसतन 20% रातोंरात कम हो गया था।[127] यदि इंसुलिन कम करना वांछित या व्यावहारिक नहीं है, बिना बोलस इंसुलिन के कम से मध्यम GI कार्बोहाइड्रेट का 0.4 ग्राम/किलो/BW का रात्रि के स्नैक्स का सेवन करने से वयस्क पुरुषों में हाइपोग्लाइसीमिया को रोका जा सकता है।[110]

इसके अलावा, एक रात्रि का स्नैक केवल तभी आवश्यक होता है जब सोने से पहले ग्लूकोज़ का स्तर 10.0 mmol/L (180 mg/dL) से कम हो और 15 ग्राम प्रोटीन सहित जो अतिरिक्त सुरक्षा प्रदान करती है यदि ग्लूकोज़ वयस्क पुरुषों में 7.0 mmol/L (126 mg/dL) से कम है।[128] छोटे बच्चों , विशेष रूप से अधिक वजन वाले या मोटे बच्चों के लिए छोटे स्नैक्स की जरूरत लगभग निश्चित रूप से होगी सोने से पहले के स्नैक का लक्ष्य ग्लूकोज़ प्रत्युत्तर और अभ्यस्त गतिविधि स्तरों के आधार पर व्यक्तिगत किया जाना चाहिए।

दोपहर में किए गए 45 मिनट के लिए व्यायाम में रात भर वही हाइपोग्लाइसीमिया-उत्प्रेरण प्रभाव नहीं होता और इसलिए समान समायोजन की जरूरत नहीं होती।[129] यह स्कूल-आयु वर्ग के बच्चों के लिए महत्वपूर्ण है क्योंकि यह सुझाव देता है कि दिन की खेल कक्षाओं या दोपहर के भोजन की गतिविधियों के बाद बेसल इंसुलिन खुराक के समायोजन की जरूरत नहीं है। तालिका 6 में पोषण संबंधी सुझाव सोने से पहले के व्यावहारिक स्नैक सुझाव प्रदान करते हैं।

7.6 दिन में दो बार इंसुलिन खुराक

दो बार-दैनिक इंसुलिन का उपयोग करने वालों के लिए जो लंबे और छोटे-कार्यशील इंसुलिन को मिलाते हैं, व्यायाम के लिए मिश्रित खुराक को समायोजित करना समस्या पैदा कर सकता है, और हाइपोग्लाइसीमिया को रोकने के लिए अधिक सीधी रणनीति अतिरिक्त कार्बोहाइड्रेट का उपभोग करना है। हालांकि, दो बार दैनिक इंसुलिन खुराक की सिफारिश नहीं की जाती। तालिका 4 और 5 व्यायाम से पहले और इसके दौरान पूरक कार्बोहाइड्रेट के सुझाव प्रदान करती हैं। शाम 4 बजे के बाद किए गए 30 मिनट या उससे अधिक समय तक चलने वाले व्यायाम के बाद रात भर हाइपोग्लाइसीमिया को रोकना ग्लूकोज़ स्तर के आधार पर सोने से पहले एक अतिरिक्त स्नैक का सेवन करके प्राप्त किया जा सकता है (तालिका 3 और 6)।

7.7 गैर-योजनाबद्ध व्यायाम

छोटे बच्चों के लिए अधिकांश गतिविधियाँ गैर-योजनाबद्ध होती हैं, क्योंकि वे प्रकृति में अनियमित होती हैं और आम तौर पर एक मिनट से भी कम समय तक चलती हैं।[130] इन गतिविधियों को सामान्य दैनिक दिनचर्या के हिस्से के रूप में प्रबंधित किया जाता है। गैर-योजनाबद्ध अवसर वाली गतिविधियाँ जैसे कि ट्रम्पोलिन पर कूदना या स्कूल अवकाश (मध्यावकाश) समय पर खेलना जो आम तौर पर 15 मिनट से कम समय तक रहता है और शायद ही कभी हाइपोग्लाइसीमिया का कारण बनता है। हालांकि, अगर ये गतिविधियां 15 मिनट से अधिक समय तक चलती हैं, तो तेजी से अवशोषित कार्बोहाइड्रेट की जरूरत होगी। इसकी पुष्टि करने वाले, 15 मिनट के चार अंतराल के ट्रेडमिल पर चलने वाले 50 युवाओं के एक अध्ययन में 15 मिनट के बाद न्यूनतम ग्लूकोज़ में गिरावट पाई गई। हालांकि, 15 से 30 मिनट के बीच आधे प्रतिभागियों ने 2 mmol/L (36 mg/dL) से अधिक की गिरावट का अनुभव किया।[71] इसलिए, 20 मिनट तक चलने वाले गैर-योजनाबद्ध व्यायाम के लिए तालिका 4 और 5 में कार्बोहाइड्रेट के सुझावों का पालन करने की सिफारिश की जाती है। इन तालिकाओं का उपयोग स्कूल और गतिविधि कैंपों में जिम सबक का प्रबंधन करने के लिए भी किया जा सकता है। सुझावों को एक प्रारंभिक बिंदु के रूप में काम करना चाहिए जिसे अनुभव के आधार पर अनुकूलित किया जा सकता है।

खाने के बाद मध्यम-तीव्रता वाले व्यायाम का ग्लूकोज़-कम करने वाला प्रभाव चार डेटा सेटों (n = 120) के संयोजन वाली एक रिपोर्ट में स्थापित किया गया है, जिसने 45 मिनट के बाद 4.2 mmol/L (76 mg/dL) की औसत ग्लूकोज़ कमी दिखाई।[65] ग्लूकोज़ में कमी का सबसे शक्तिशाली अनुमानकर्ता व्यायाम पूर्व ग्लूकोज़ स्तर था: 10.5 mmol/L (190 mg/dL) से अधिक प्रारंभिक ग्लूकोज़ स्तर वाले लोगों में हाइपोग्लाइसीमिया के बहुत कम वाकये के साथ 6.1 mmol/L (4.3, 8.9) या 110 mg/dL (78, 160) की औसत (चतुर्थक) गिरावट थी।[65] यह सुझाव देता है कि भोजनों के बीच हाइपरग्लाइसीमिया का जल्दी से उपचार करने के लिए मध्यम गतिविधि का उपयोग करना क्लिनिकल ट्रायल में खोज के लायक एक शानदार रणनीति हो सकती है। इसके अलावा, 100 युवाओं के लिए, निमोनिक 'गेम' का कार्यान्वयन, वांछित रेंज में ग्लूकोज़ समय, तदनुसार उच्च पर अलर्ट सेट, मध्यम तीव्रता वाली गतिविधि का मोड, ग्लूकोज़ मान और ट्रेंड तीरों के आधार पर 10-40 मिनट के लिए भोजनों के बीच उच्च अलर्ट पर व्यायाम, (3.9-10.0 mmol/L या 70-180 mg/dL) रेंज में प्रो-एक्टिव CGM पर केन्द्रित संरचित शिक्षा में भाग लेने के छह महीने बाद समय का सबसे मजबूत अनुमानकर्ता था।[131] इस तरह की रणनीति माता-पिता और बच्चों को भोजन के बीच हाइपरग्लाइसीमिया को जल्दी से कम करके सीमा में सुधार करने का एक और विकल्प प्रदान कर सकती है, बशर्ते रक्त कीटोन का स्तर ऊंचा न हो। इस तरह से व्यायाम का उपयोग करने के लिए आगे शोध करने की आवश्यकता होती है लेकिन गतिविधि में समय में सुधार के लिए क्षमता रखती है।

तालिका 9. विभिन्न हाइब्रिड बंद-लूप प्रौद्योगिकी के लिए व्यायाम लक्ष्य और सेटिंग्स। * = CamAPS को यूरोपीय संघ और यूनाइटेड किंगडम में CE-चिह्नित की मंज़ूरी मिली है और वर्तमान में केवल यूरोप में वाणिज्यिक रूप से उपलब्ध है। # = ओमनीपॉड 5 को FDA से मंज़ूरी मिली है और यह केवल संयुक्त राज्य अमेरिका में वाणिज्यिक रूप से उपलब्ध है। I:C = कार्बोहाइड्रेट अनुपात में इंसुलिन; ISF = इंसुलिन संवेदनशीलता कारक; DIY = इसे स्वयं करें; APS = कृत्रिम अग्न्याशय प्रणाली।

डिवाइस सिस्टम	सेंसर और पंप प्रौद्योगिकी	मानक ग्लूकोज़ लक्ष्य	व्यायाम ग्लूकोज़ लक्ष्य	व्यायाम लक्ष्य शब्दावली	अतिरिक्त जानकारी
मिनीमेड 670G/770G (मेडट्रोनिक)	गार्जियन सेंसर 3 और 670G अथवा 770G पंप	6.7 mmol/L (120 mg/dL)	8.3 mmol/L (150 mg/dL)	अस्थायी लक्ष्य	समय की अवधि के लिए प्रोग्राम, अंत में स्वचालित रूप से निष्क्रिय हो जाएगा
मिनीमेड 780G (मेडट्रोनिक)	गार्जियन सेंसर 3 और 780G पंप	5.5 mmol/L (100 mg/dL) 6.1 mmol/L (110 mg/dL) 6.7 mmol/L (120 mg/dL)	8,3 mmol/l (150 mg/dl)	अस्थायी लक्ष्य	समय की अवधि के लिए प्रोग्राम, अंत में स्वचालित रूप से निष्क्रिय हो जाएगा
नियंत्रण-IQ (टैंडम)	डेक्सकॉम G6 सेंसर और टैंडम t-स्लिम X2 पंप	6,2-8,9 mmol/l (112-160 mg/dl)	7,8-8,9 mmol/l (140-160 mg/dl)	व्यायाम गतिविधि व्यायाम मोड के साथ उपयोग के लिए वैयक्तिकृत बेसल खुराक, I:C और ISF अनुपात के साथ ज़्यादा से ज़्यादा छह तक व्यक्तिगत प्रोफ़ाइल बनाई जा सकती हैं	मैनुअल चालू/बंद - समय की अवधि को प्रोग्राम नहीं कर सकता व्यायाम मोड मानक मोड की तुलना में उच्च अनुमानित ग्लूकोज़ पर इंसुलिन वितरण को निलंबित करता है। जब तक व्यायाम मोड बंद नहीं हो जाता, तब तक प्रोग्राम किए गए स्लीप मोड को ओवरराइड करता है
CamAPS FX (CamDiab)*	डेक्सकॉम G6 सेंसर और डाना RS और डाना-i पंप	5.8 mmol/L (105 mg/dL) (अनुकूल करने योग्य ग्लूकोज़ लक्ष्य)	कोई ग्लूकोज़ मान सेट नहीं (अनुकूल करने योग्य)	ईज़-ऑफ या योजनाबद्ध ईज़-ऑफ	समय की अवधि के लिए प्रोग्राम, अंत में स्वचालित रूप से निष्क्रिय हो जाएगा
ओमनीपॉड 5 (इन्सुलेट)#	डेक्सकॉम G6 सेंसर और ओमनीपॉड 5 पॉड	6.1, 6.7, 7.2, 7.8, और 8.3 mmol/L (110, 120, 130, 140, 150 mg/dL) (अनुकूल करने योग्य ग्लूकोज़ लक्ष्य)	8.3 mmol/L (150 mg/dL)	गतिविधि विशेषता	1-24 घंटे के लिए सक्षम, अंत में स्वचालित रूप से निष्क्रिय हो जाएगा
DIY APS (ओपनAPS, एंड्रॉयडAPS, लूप)	सिस्टम की विविधता	अनुकूल करने योग्य	मनमुताबिक लक्ष्य सेट करें (अनुकूल करने योग्य)	अस्थायी लक्ष्य, प्रोफ़ाइल स्विच ओवरराइड्स, अथवा गतिविधि मोड	समय की अवधि के लिए प्रोग्राम, निर्दिष्ट समय के लिए निर्धारित, अंत में स्वचालित रूप से निष्क्रिय हो जाएगा

8. हाइब्रिड बंद लूप से जुड़ी रणनीतियां

8.1 एकल हार्मोन (केवल-इंसुलिन) हाइब्रिड बंद लूप प्रौद्योगिकी

वाणिज्यिक रूप से उपलब्ध HCL की उपलब्धता दुनिया भर में अलग-अलग होती है वाणिज्यिक रूप से उपलब्ध HCL सिस्टम में से प्रत्येक में व्यायाम या PA की प्रत्याशा में व्यायाम या गतिविधि के ग्लूकोज़ लक्ष्य को सक्रिय करने का विकल्प होता है। Òव्यायाम लक्ष्यÓ का उद्देश्य ग्लूकोज़ के स्तरों को बढ़ाना और इंसुलिन-डिलीवरी एल्गोरिद्म को समायोजित करके व्यायाम के दौरान एक उच्च BGL लक्ष्य बनाए रखना है। तालिका 9 वाणिज्यिक रूप से उपलब्ध डिवाइस सिस्टम के बीच कुछ अंतरों को रेखांकित करती है, जिसमें गतिविधि लक्ष्य का वर्णन करने के लिए उपयोग किए जाने वाले विभिन्न नाम (जैसे, अस्थायी लक्ष्य, व्यायाम गतिविधि, ईज़-ऑफ) और डिवाइस प्रकार के आधार पर व्यायाम के दौरान विभिन्न ग्लूकोज़ लक्ष्य शामिल हैं।

8.2 हाइब्रिड बंद लूप प्रौद्योगिकी का उपयोग करके व्यायाम लक्ष्य और पंप सस्पेंशन

लंबी अवधि (30+ मिनट), कम से मध्यम तीव्रता वाले एरोबिक व्यायाम से अमूमन ग्लूकोज़ का स्तर गिर जाता है और हाइपोग्लाइसीमिया का जोखिम बढ़ जाता है।[58] निम्नलिखित खंड HCL प्रौद्योगिकी का उपयोग करके युवाओं के लिए व्यायाम-संबंधी हाइपोग्लाइसीमिया के जोखिम को घटाने में सहायता करने की रणनीतियों का वर्णन करते है।

HCL सिस्टम के उपयोग किए जाने के इतर, व्यायाम लक्ष्यों को एरोबिक व्यायाम से पहले ही निर्धारित कर लिया जाना चाहिए। इसी प्रकार से, अध्ययन से पता चलता है कि HCL सिस्टम का उपयोग, एरोबिक व्यायाम (40+ मिनट) से 90-120 मिनट पहले व्यायाम लक्ष्य को निर्धारित करना भी हाइपोग्लाइसीमिया के जोखिम को कम करता है।[16,132] ऐसी स्थितियों में जहां व्यायाम के लिए पूर्व-योजना बनाना संभव न हो, तब भी गतिविधि के करीब व्यायाम लक्ष्य निर्धारित करने का मूल्य है, भले ही 90-120 मिनट की विंडो छूट जाए क्योंकि व्यायाम लक्ष्य निर्धारित करने से स्वयं सुधार बोलस डिलीवरी बंद हो जाएगी(जैसे, 770G/780G) और लक्षित ग्लूकोज़ रेंज बढ़ जाएगी ताकि गतिविधि के दौरान कम बेसल इंसुलिन वितरित हो।

गतिविधियां जो ग्लाइसीमिया में भारी कमी का कारण नहीं हो सकतीं, (उदाहरण के लिए, छोटी अवधि की गतिविधियां [< 30 मिनट] और/या कुछ उच्च तीव्रता वाले एनारोबिक व्यायाम), तथा निराहार व्यायाम, के लिए व्यायाम लक्ष्य निर्धारित करना आवश्यक नहीं भी हो सकता। हालाँकि, मॉरिसन और अन्य[132] ने हाल में दिखाया कि MiniMed¨ HCL सिस्टम का उपयोग करके, उच्च तीव्रता वाले व्यायाम से 120 मिनट पहले एक व्यायाम लक्ष्य (यानी, अस्थायी लक्ष्य) निर्धारित करना ग्लूकोज़ समय-सीमा को बनाए रखने में कारगर था। एक शीतकालीन स्की शिविर के दौरान युवाओं में लम्बी अवधि के व्यायाम के लिए Tandem Control-IQ¨ सिस्टम की एक रिमोट मॉनिटर सेंसर-संवर्धित पंप सिस्टम से तुलना की गई थी, जो HCL सिस्टम के साथ सीमा के भीतर बेहतर प्रतिशत समय दिखाती है।[13] विभिन्न व्यायाम तीव्रता और अवधि के लिए व्यायाम लक्ष्य की जरूरत है या नहीं, यह समझने के लिए आगे शोध करने की जरूरत है।

वैकल्पिक रूप से, कुछ HCL उपयोगकर्ता एरोबिक व्यायाम के दौरान हाइपोग्लाइसीमिया के जोखिम को कम करने के लिए व्यायाम लक्ष्य निर्धारित करने के बजाय इंसुलिन वितरण को सस्पेंड (यानी, पंप सस्पेंशन) करना चुन सकते है। उच्च-प्रभाव वाली गतिविधियों और कुछ संपर्क खेलों (जैसे, कुश्ती, मार्शल आर्ट, फुटबॉल, हैंडबॉल, आदि) के लिए, पम्प सस्पेंशन और/या पंप डिस्कनेक्ट को प्राथमिकता दी जा सकती है या आवश्यक भी हो सकती है। यह छोटी अवधि के PA के लिए अधिक कारगर रणनीति हो सकती है।[133] हालांकि, HCL सिस्टम को बंद करना आवश्यक है, अन्यथा एल्गोरिद्म इंसुलिन को वितरित मानेगा यदि लगाए गए इंसुलिन से प्रतिस्थापित नहीं किया जाता, तो 90 मिनट से अधिक समय तक पंप के सस्पेंशन से बचा जाना चाहिए, उदाहरण के लिए हर घंटे पंप को जोड़कर या इस उद्देश्य के लिए इंसुलिन पेन का इस्तेमाल करके।

8.3 हाइब्रिड बंद लूप प्रौद्योगिकी का उपयोग करके व्यायाम से पहले और बाद में बोलस समायोजन से जुड़ी रणनीतियां

8.3.1 व्यायाम से पहले:

हालांकि व्यायाम के इर्द-गिर्द HCL प्रौद्योगिकी के साथ समय और विशिष्ट बोलस इंसुलिन समायोजन रणनीतियों का आकलन करने के लिए सीमित शोध है, लेकिन यह खंड उपलब्ध, प्रकाशित साहित्य[15] और विशेषज्ञ की राय के आधार पर तैयार किया गया था। HCL प्रौद्योगिकी के साथ भी, व्यायाम से पहले के भोजन पर बोलस इंसुलिन में मैनुअल कटौती की जरूरत हो सकती है, क्योंकि इस सत्र के भोजन के 1-3 घंटे के भीतर होने पर भोजन बोलस इंसुलिन क्रिया का समय व्यायाम सत्र में बढ़ सकता है। जैसा कि ओपन लूप CSII सिस्टम के लिए किया जाता है, HCL सिस्टम का उपयोग करने वाले व्यक्तियों को व्यायाम से पहले भोजन के लिए 25-75% बोलस कटौती का उपयोग करने पर विचार करना चाहिए। हाल ही में, वयस्कों में HCL प्रौद्योगिकी का उपयोग करके तगौगी और अन्य ने[15] पाया है कि केवल व्यायाम लक्ष्य (7.0 ± 12.6%) या पूर्ण बोलस (13.0 ± 19.0%) के साथ बिना किसी घोषित व्यायाम लक्ष्य की तुलना में व्यायाम से ठीक पहले निर्धारित व्यायाम लक्ष्य का भोजन के समय बोलस इंसुलिन में 33% की कटौती के साथ संयोजन कम हाइपोग्लाइसीमिया रेंज (2.0 ± 6.2% समय < 3.9 mmol/L) का कारण बना। इसलिए, भोजन के तुरंत बाद, एरोबिक और मिश्रित व्यायाम के लिए, हम व्यायाम से पहले भोजन के साथ 25% बोलस कटौती की प्रारंभिक योजना की सिफारिश करते हैं (तालिका 2)। महत्वपूर्ण विचारणीय तथ्य यह है कि वाणिज्यिक रूप से उपलब्ध सभी प्रणालियों में बोलस कटौती के लिए विशिष्ट प्रकार्य नहीं होते। इस प्रकार, रणनीति यह है कि HCL सिस्टम में उपभोग किए जा रहे कार्बोहाइड्रेट की तुलना में कम कार्बोहाइड्रेट दर्ज किया जाए। कुछ HCL सिस्टम (जैसे, टैंडम नियंत्रण-IQ) पंप में कई/अतिरिक्त प्रोफ़ाइल जोड़ने की अनुमति देते हैं। यह उपागम अपनाते हुए, उपयोगकर्ता उच्च इंसुलिन संवेदनशीलता कारक (ISF) और कम आक्रामक कार्बोहाइड्रेट अनुपात (ICR) के साथ एक और "गतिविधि" प्रोफ़ाइल जोड़ने पर विचार कर सकते हैं। बदले में, यह HCL सिस्टम को कम बोलस इंसुलिन मात्रा का सुझाव देने की अनुमति देगा। हालांकि, वर्तमान में इन विशिष्ट रणनीतियों का आकलन करने वाला कोई अध्ययन नहीं है, इसलिए स्वास्थ्य पेशेवरों के साथ उन पर व्यक्तिगत तौर पर चर्चा और समीक्षा की जानी चाहिए, और सावधानी के साथ उपयोग किया जाना चाहिए।

उच्च तीव्रता वाले एनारोबिक व्यायाम या प्रतियोगिता के मामले में, प्रारंभिक योजना में व्यायाम से पहले के भोजन में कोई बोलस कटौती नहीं (अर्थात, सामान्य बोलस खुराक) शामिल हो सकती है। यह भी ध्यान दिया जाना चाहिए कि यदि व्यायाम से पहले के भोजन में कार्बोहाइड्रेट की मात्रा अधिक होती है, तो बोलस इंसुलिन की कमी से व्यायाम की शुरुआत से पहले ग्लाइसीमिया बढ़ सकता है, जो अधिकांश HCL सिस्टम पर स्वचालित बेसल इंसुलिन वितरण को बढ़ा देगा या यहां तक कि व्यायाम से ठीक पहले स्वचालित सुधार बोलस के साथ बढ़े हुए हाइपोग्लाइसीमिया जोखिम परिचारक को प्रेरित करेगा। जहाँ संभव हो, वहाँ कम कार्बोहाइड्रेट वाले भोजन का चयन करके और भोजन के तुरंत बाद व्यायाम लक्ष्य निर्धारित करके बेसल इंसुलिन वितरण कुछ हद तक कम किया जा सकते है, जिससे जोखिम कम हो सकता है।

8.3.2 व्यायाम के बाद:

व्यायाम-संबंधी हाइपोग्लाइसीमिया के जोखिम को कम करने के लिए व्यायाम पश्चात भोजन के साथ बोलस कटौती के बारे में सुझाव उचित हैं। HCL सिस्टम के साथ अभ्यास के बाद बोलस कटौती के बारे में मार्गदर्शन पर आज तक अच्छी तरह से शोध नहीं किया गया, इसलिए इस खंड में सुझाव विशेषज्ञ राय पर आधारित हैं। व्यायाम के प्रकार पर विचार किए बिना, व्यायाम के पश्चात भोजन इंसुलिन के लिए शुरुआती प्लान (तालिका 2 देखें) 25% बोलस कटौती है।

8.4 हाइब्रिड बंद लूप प्रौद्योगिकी का उपयोग करते हुए व्यायाम से पहले और उसके दौरान कार्बोहाइड्रेट की जरूरत होती है

HCL सिस्टम पर उन लोगों के लिए व्यायाम के लिए कार्बोहाइड्रेट सेवन से जुड़ी सलाह में कुछ प्रमुख तरीके से अलग हैं। पहला, व्यायाम पूर्व कार्बोहाइड्रेट के सेवन के समय पर विचार करने की जरूरत है। व्यायाम से काफ़ी पहले कार्बोहाइड्रेट का सेवन करने से (अर्थात, 20 मिनट या अधिक) ग्लाइसीमिया बढ़ता है और फलस्वरूप HCL सिस्टम द्वारा इंसुलिन वितरण में वृद्धि करता है। यह व्यायाम के दौरान हाइपोग्लाइसीमिया का कारण बन सकता है। दूसरा, जहाँ व्यायाम मोड को गतिविधि से काफ़ी पहले सक्रिय किया गया हो और/या व्यायाम से पहले बोलस में कमी की गई हो, वहाँ सेवन की जाने वाली कार्बोहाइड्रेट की मात्रा सेटिंग्स में दी गई विशिष्ट मात्रा से कम हो सकती है। CGM सिस्टम का उपयोग CGM के ग्लूकोज़ सांद्रता और दिशात्मक रुझान तीरों के आधार पर

व्यायाम के विभिन्न रूपों के दौरान हाइपोग्लाइसीमिया को सीमित करने के लिए कार्बोहाइड्रेट सेवन के बारे में निर्णयों को सूचित करता है। [10]

8.4.1 व्यायाम से पहले:

हालांकि व्यायाम से 30 मिनट पहले खुले हुए स्नैक्स का सेवन करने से MDI पर पुरुषों के लिए हाइपोग्लाइसीमिया कम हो सकता है [134], HCL प्रौद्योगिकी के लिए, खुले हुए स्नैक से जुड़े सेंसर ग्लूकोज़ स्तर में वृद्धि के उपरान्त स्वचालित इंसुलिन वितरण में संभावित वृद्धि होगी और इसलिए गतिविधि के दौरान हाइपोग्लाइसीमिया का जोखिम बढ़ जाएगा। वर्तमान सर्वसम्मति यह है कि व्यायाम से पहले कार्बोहाइड्रेट का सेवन व्यायाम की शुरुआत से पहले 5-10 मिनट के अंदर या व्यक्ति के व्यायाम सत्र से पहले हाइपोग्लाइसीमिया विकसित करने पर सीमित होना चाहिए। ऐसी स्थितियों में जब व्यायाम से पहले 1-2 घंटे में कार्बोहाइड्रेट का सेवन आवश्यक हो, तब लगभग 25% कम इंसुलिन बोलस दिया जाना चाहिए (ऊपर देखें) और फिर HCL सिस्टम को "गतिविधि मोड" में रखा जाना चाहिए।

8.4.2 व्यायाम के दौरान:

व्यायाम के दौरान हाइपोग्लाइसीमिया को रोकने के लिए कार्बोहाइड्रेट सेवन की जरूरत के बारे में निर्णय लेने के लिए व्यक्तियों को अपने CGM ग्लूकोज़ और रुझान (जहां लागू हो) का उपयोग करना चाहिए [10] (तालिका 5)। व्यायाम के दौरान, कम मात्रा में कार्बोहाइड्रेट लेने से भी व्यायाम उपरान्त हाइपरग्लेसीमिया फिर से होने की संभावना कम हो सकती है। यदि संभव हो, तो हाइपोग्लाइसीमिया को कम करने के लिए अतिरिक्त रणनीतियों में परिसंचरण में कम-से-बिना बोलस इंसुलिन के साथ व्यायाम करना शामिल है या व्यायाम को पोस्ट अवशोषक अवस्था (अर्थात, बोलस इंसुलिन के साथ भोजन के 3 या अधिक घंटे बाद) तक व्यायाम में देरी करने पर विचार करना शामिल है ताकि बंद लूप सिस्टम को व्यायाम मोड में रखकर व्यायाम से पहले प्रांडियल इंसुलिन के स्तर को कम किया जा सके। यदि हाइपोग्लाइसीमिया व्यायाम के दौरान विकसित होता है, तो बंद लूप सिस्टम पर व्यक्तियों को उपचार के रूप में कम कार्बोहाइड्रेट सेवन की जरूरत हो सकती है (जैसे, 10 ग्राम); हालाँकि, यह भी व्यक्ति के आकार और इंसुलिन और प्रतिनियामक हार्मोन के प्रसार की मात्रा के आधार पर अत्यधिक व्यक्तिगत है।

8.5 व्यायाम के बाद हाइपरग्लेसीमिया

ज्यादातर मामलों में, HCL सिस्टम हल्के व्यायाम के पश्चात हाइपरग्लेसीमिया को अच्छी तरह से प्रबंधित करते हैं, विशेषकर यदि सिस्टम को मानक (अर्थात, गतिविधि नहीं) बंद लूप स्वचालित मोड में वापस रखा जाता है। कुछ मामलों में, अत्यधिक व्यायाम के पश्चात हाइपरग्लेसीमिया (अर्थात > 15.0 mmol/L, 270 mg/dL) की सेटिंग में छोटे सुधारात्मक इंसुलिन बोलस (जैसे, सामान्य सुधार खुराक का 50%) की जरूरत हो सकती है।

8.6 योजनाबद्ध बनाम गैर-योजनाबद्ध गतिविधि

स्वास्थ्य पेशेवरों को व्यक्ति की जीवन शैली और लक्ष्यों के आधार पर व्यायाम या PA की तैयारी के लिए HCL सिस्टम का उपयोग करने के अलग-अलग विकल्पों पर चर्चा करनी चाहिए। उदाहरण के लिए, कुछ युवाओं को व्यायाम की पूर्व-योजना बनाना बेहतर लग सकता है, जबकि अन्य युवाओं को पूर्व-योजना बनाना कठिन लग सकता है, इसलिए, व्यायाम के लिए वैकल्पिक विकल्प चुनें। इस खंड में, हम योजनाबद्ध बनाम गैर-योजनाबद्ध व्यायाम के लिए विभिन्न HCL विकल्पों पर चर्चा करेंगे, ताकि व्यायाम-संबंधी डिस्लिसीमिया के जोखिम को कम किया जा सके।

8.7 हाइब्रिड बंद लूप प्रौद्योगिकी के साथ योजनाबद्ध व्यायाम

HCL व्यायाम रणनीतियों और विशेषज्ञ के सहमति पर सीमित क्लिनिकल शोध के आधार पर, इन विकल्पों पर उन स्थितियों में विचार किया जाना चाहिए, जहां व्यक्तियों के पास व्यायाम के लिए तैयार होने का समय है:

व्यायाम से पहले बोलस में कमी	• व्यायाम से पहले भोजन के साथ 25% बोलस कटौती पर विचार करें (अन्यथा ग्लूकोज़ बढ़ जाएगा और व्यायाम से पहले स्वचालित इंसुलिन वितरण बढ़ जाएगा, इसलिए बोर्ड पर इंसुलिन [IOB] अधिक होगा) • बोलस की कमी से व्यायाम की शुरुआत में कुल IOB भी कम हो जाएगा
व्यायाम से पहले व्यायाम लक्ष्य	• व्यायाम से 1-2 घंटे पहले सेट करें • व्यायाम के अंत में फिर से शुरू करें • अगर हाइपोग्लाइसीमिया का खतरा बढ़ गया है, तो ठीक होने के बाद 1-2 घंटे के लिए अधिक व्यायाम/गतिविधि लक्ष्य बनाए रखें
व्यायाम से पहले बोलस में कमी और व्यायाम लक्ष्य	• व्यायाम से पहले भोजन के साथ 25% बोलस की कमी पर विचार कर सकते हैं और व्यायाम से 1-2 घंटे पहले व्यायाम लक्ष्य निर्धारित कर सकते हैं
व्यायाम शुरू होने से पहले IOB कम करें	• व्यायाम से कम से कम तीन घंटे पहले मुख्य भोजन का सेवन करें
पंप का सस्पेंशन या डिस्कनेक्ट करें	• दीर्घकालिक (> 120 मिनट) पंप निलंबन – हाइपरग्लाइसीमिया या बढ़े हुए कीटोन्स के जोखिम से बचें

8.8 हाइब्रिड बंद लूप प्रौद्योगिकी के साथ गैर-योजनाबद्ध व्यायाम

उन स्थितियों के लिए जहां व्यक्तियों के पास व्यायाम के लिए तैयारी करने का समय नहीं है, इन विकल्पों पर विचार किया जा सकता है:

व्यायाम से पहले कार्बोहाइड्रेट का सेवन करना	• व्यायाम से 5-10 मिनट पहले कार्बोहाइड्रेट स्नैक का सेवन करने पर विचार करें • कार्बोहाइड्रेट का व्यायाम से काफी अधिक पहले सेवन करने से ग्लूकोज़ वृद्धि और स्वचालित इंसुलिन वितरण का कारण बनेगा • व्यायाम के लिए कार्बोहाइड्रेट की थोड़ी मात्रा की आवश्यकता हो सकती है, क्योंकि HCL प्रौद्योगिकी जरूरत के अनुसार स्वचालित इंसुलिन वितरण को कम या अधिक कर सकती है
व्यायाम के दौरान कार्बोहाइड्रेट का सेवन	• व्यायाम के दौरान लगभग हर 30 मिनट में कार्बोहाइड्रेट का सेवन करने पर विचार करें
व्यायाम के बाद बोलस में कमी	• यदि व्यक्ति को हाइपोग्लाइसीमिया होने का जोखिम है या व्यायाम के बाद हाइपोग्लाइसीमिया का अनुभव होता है, तो व्यायाम के बाद के भोजन के साथ 25% बोलस की कमी को शुरुआती बिंदु के रूप में मानें
व्यायाम शुरू होने से पहले IOB कम करें	• व्यायाम से कम से कम तीन घंटे पहले मुख्य भोजन का सेवन करें
पंप का सस्पेंशन या डिस्कनेक्ट करें	• दीर्घकालिक (> 120 मिनट) पंप निलंबन – हाइपरग्लाइसीमिया या बढ़े हुए कीटोन्स के जोखिम से बचें

8.9 खास बातें

इस खंड में, विशेष रूप से उन स्थितियों में जहां उपर्युक्त सिफारिशें उचित या

प्रभावी नहीं लगती हैं, हम कुछ विशिष्ट बातों और कसरत से जुड़ी युक्तियों पर ध्यान देते हैं। इसके अलावा, इस खंड का उद्देश्य व्यायाम के अलग-अलग HCL प्रणालियों के बीच कुछ विशिष्ट अंतरों पर ध्यान देना है।

व्यायाम की तैयारी के लिए मैनुअल मोड या ओपन लूप CSII पर स्विच करें	• व्यायाम के समाप्त होने तक 90 मिनट पूर्व व्यायाम में 50-80% बेसल कमी पर विचार करें
पंप का सस्पेंशन या डिस्कनेक्ट करें	• दीर्घकालिक (> 120 मिनट) पंप निलंबन – हाइपरग्लाइसीमिया या बढ़े हुए कीटोन्स के जोखिम से बचें • केवल व्यायाम से पहले समायोजित करने की जरूरत है और फिर व्यायाम के दौरान इंसुलिन की कमी को रोकने के लिए संभवतः हर घंटे "सामान्य बेसल" का कम से कम 50% जोड़ने की जरूरत है
व्यायाम के लिए टैंडम नियंत्रण-IQ ट्रिक्स	• "व्यायाम गतिविधि" प्रोफ़ाइल सेट करने पर विचार करें • समायोजित बेसल, I:C और ISF अनुपात के साथ व्यायाम से 90 मिनट पहले एक वैकल्पिक और व्यक्तिगत "गतिविधि" प्रोफ़ाइल शुरू करने के लिए • यदि गतिविधि से पहले 0.05 U का न्यूनतम सुधार बोलस दिया जाता है, तो यह सिस्टम से स्वतः सुधार की संभावना को रोक देगा • व्यायाम के बाद, हाइपरग्लेसीमिया से बचने के लिए "व्यायाम गतिविधि" प्रोफ़ाइल को निष्क्रिय करना याद रखें
व्यायाम के लिए CamAPS ट्रिक्स	• पिछले अनुभवों के आधार पर, ग्लूकोज़ लक्ष्य को अनुकूलित करें और व्यायाम मोड का उपयोग करें • संभावित हाइपोग्लाइसीमिया के बाद "ईज़-ऑफ" का उपयोग करें • दीर्घकालिक हाइपरग्लाइसीमिया के दौरान "बूस्ट" मोड का उपयोग करें

9. टाइप 1 डायबिटीज़ से पीड़ित युवाओं के लिए विशिष्ट

9.1 ग्लाइसीमिया और व्यायाम प्रदर्शन

युवाओं में, यह देखा गया है कि PA से पहले और उसके दौरान केवल कुछ ही लोग नियोजित अनुकूलन कर पाते हैं, जिसके लिए प्रशिक्षण और प्रेरक वार्ता की आवश्यकता होती है । [135] व्यायाम से संबंधित तीव्र हाइपोग्लाइसीमिया से बचाव T1D वाले युवाओं में सुरक्षा के लिए महत्वपूर्ण लक्ष्य है; इसके अलावा, हाइपोग्लाइसीमिया प्रदर्शन को कम करता है और कथित परिश्रम की दर को बढ़ा सकता है। हालांकि, यह अनिश्चित है कि क्या तीव्र हाइपरग्लाइसीमिया व्यायाम क्षमता को कम करता है और किस हद तक कम कर सकता है। हाल ही के [7] T1D से पीड़ित मनोरंजक रूप से सक्रिय किशोरों और युवाओं की सामान्य और हाइपोइंसुलिनेमिक दोनों स्थितियों में हाइपरग्लाइसीमिया के साथ यूग्लाइसीमिया की तुलना में पाया गया कि जब प्रतिभागी के 17.0 mmol/L (306 mg/dL) तक पहुंचने पर VO2 पीक केवल मामूली रूप से कम हुआ था और पीक स्प्रिंट साइक्लिंग पावर वास्तव में थोड़ी अधिक थी। हाइपो-इंसुलिनेमिक स्थिति में प्रतिक्रिया समय हाइपरग्लाइसीमिया से मामूली रूप से प्रभावित हुआ था, लेकिन कोई अन्य अंतर नहीं पाया गया था। फ़्यूल यूटिलाइज़ेशन, VO2 काइनेटिक्स और अन्य मार्करों का इस अध्ययन में मूल्यांकन नहीं किया गया था। वयस्कों में [136], जो T1D से पीड़ित थे, हल्के हाइपरग्लाइसीमिया (12.4 mmol/L; 223 mg/dL) के कारण व्यायाम क्षमता या कथित परिश्रम या कार्बोहाइड्रेट ऑक्सीकरण प्रभावित नहीं हुआ था।

उच्च HbA1c स्तर T1D [137] से पीड़ित वयस्कों में ख़राब व्यायाम क्षमता से जुड़ा है, लेकिन टाइट ग्लाइसीमिया बिना T1D वाले लोगों के बराबर व्यायाम क्षमता से जुड़ा है। व्यायाम के लिए पल्मोनरी, कार्डियक, और वैस्कुलर प्रत्युत्तर उप-इष्टतम रूप से नियंत्रित T1D से पीड़ित लोगों में बिगड़ी होती हैं, और पशु मॉडल में क्रोनिक हाइपरग्लाइसीमिया व्यायाम प्रशिक्षण के लाभकारी प्रभाव को कम कर देता है [138], साथ ही, स्केलेटल की मांसपेशियों की एरोबिक रीमॉडलिंग भी बिगड़ी होती है। इस प्रकार, इष्टतम कार्डियोवैस्कुलर फ़िटनेस और व्यायाम प्रदर्शन के लिए दीर्घकालिक लक्ष्य ग्लाइसीमिक नियंत्रण पाना आवश्यक है।

9.2 प्रतियोगिता का दिन

T1D वाले युवा अक्सर शारीरिक गतिविधि या प्रतिस्पर्धी गतिविधियों में शामिल होने के बाद तीव्र हाइपरग्लेसीमिया का अनुभव करते हैं, भले ही आम तौर पर प्रशिक्षण या कम तनाव गैर-प्रतिस्पर्धी परिस्थितियों में यूग्लाइसीमिया या हाइपोग्लाइसीमिया से जुड़ा हो। बढ़ी हुई एड्रीनर्जिक स्थिति संभावित रूप से यकृत के ग्लूकोज़ उत्पादन और संभवतः, इंसुलिन प्रतिरोध में वृद्धि करने में योगदान करती है। इस स्थिति को संबोधित करने वाले क्लिनिकल परीक्षणों की कमी को देखते हुए, व्यावहारिक उपागम को नियोजित प्रतियोगिता के लिए तैयार करने के लिए बढ़े हुए समय पर बल देने, उभरते तनाव हाइपरग्लाइसीमिया का पता लगाने के लिए प्रारंभिक ग्लूकोज़ निगरानी और प्रतिस्पर्धा से पहले अति-ईंधन की संभावना को कम करने का समर्थन किया जाता है।

जो लोग इंसुलिन पंप थेरेपी का उपयोग करते हैं उन लोगों के लिए, बेसल इंसुलिन डिलीवरी में अस्थायी वृद्धि हाइपरग्लाइसीमिया की भविष्यवाणी (या देखी गई) की शुरुआत में निर्धारित की जा सकती है; हालांकि, गतिविधि प्रतियोगिता के दौरान या उसके तुरंत बाद एड्रीनर्जिक अवस्था के समाधान के परिणामस्वरूप होने वाले हाइपोग्लाइसीमिया से बचने के लिए प्रतियोगिता शुरू होने से कुछ समय पहले दर को आधार रेखा या नीचे कम करना महत्वपूर्ण है। HCL सिस्टम का उपयोग करने वालों के लिए, व्यायाम मोड के उपयोग में देरी से तनाव से संबंधित हाइपरग्लाइसीमिया के जोखिम को कम किया जा सकता है, जिससे बेसल इंसुलिन डिलीवरी और/या स्वत: सुधार खुराक की निरंतरता बढ़ जाती है।

प्री-मैच या प्री-रेस रूटीन का अभ्यास उन लोगों के लिए फायदेमंद हो सकता है जो अक्सर प्रतिस्पर्धा से जुड़े हाइपरग्लाइसीमिया का अनुभव करते हैं। इसमें प्रतिनियामक हार्मोन को कम करने और ग्लूकोज़ तेज करने, या अन्य मानसिक तैयारी रणनीतियों को सुविधाजनक बनाने के लिए कम तीव्रता वाले एरोबिक वार्मअप (चलना या हल्का जॉग) करना शामिल हो सकता है। इन रणनीतियों की प्रभावशीलता से संबंधित डेटा दुर्लभ हैं। तीव्र उत्तेजना या तनाव के कारण हाइपरग्लाइसीमिया गतिविधि के साथ जल्दी ही सामान्य हो जाएगा। प्रतियोगिता पूर्व उत्तेजना या घबराहट से संबंधित हाइपरग्लाइसीमिया के आक्रामक सुधार के साथ विलंबित, या पोस्ट-व्यायाम हाइपोग्लाइसीमिया का जोखिम बढ़ जाता है।

9.3 दीर्घकालिक पंप डिस्कनेक्शन

दीर्घकालिक पंप डिस्कनेक्शन कभी-कभी वांछनीय होता है। पानी में किए जाने वाले खेल (तैराकी, गोताखोरी) या पानी के ऊपर खेल (नौकायन) कुछ उपकरणों को डिस्कनेक्ट करने के कारण होते हैं। इसी तरह, कुछ संपर्क खेलों (जैसे, कुश्ती, हैंडबॉल, आइस हॉकी, अमेरिकी/ऑस्ट्रेलियाई फुटबॉल) के लिए भी उपकरणों को डिस्कनेक्ट किया जाना चाहिए। कभी-कभी पंप को डिस्कनेक्ट करने का औचित्य हाइपोग्लाइसीमिया के जोखिम को कम करना है। इंसुलिन पंप थेरेपी का उपयोग करने वाले T1D वाले युवाओं के लिए, दोपहर में मध्यम एरोबिक व्यायाम (लगभग 60 मिनट की अवधि) की शुरुआत में बेसल इंसुलिन इन्फ़्यूजन (यानी, पंप सस्पेंशन/डिस्कनेक्शन) को रोकना, व्यायाम की अवधि में

हाइपोग्लाइसीमिया के जोखिम को कम कर सकता है । [139] हालांकि, पंप सस्पेंशन व्यायाम से 90-120 मिनट पहले बेसल इंसुलिन को कम करने [112] (या एक उच्च व्यायाम लक्ष्य निर्धारित करने) जितना प्रभावी नहीं हो सकता। हालांकि आम तौर पर असामान्य [140], दीर्घकालिक पंप सस्पेंशन (> 120 मिनट) के बारे में कुछ चिंताएं विशेष रूप से छोटे बच्चों (4-9 वर्ष की आयु) में हैं [141], इसमें व्यायाम के बाद रक्त में कीटोन के स्तर में संभावित वृद्धि और भूलने की संभावना शामिल है, ताकि इंसुलिन डिलीवरी को फिर से शुरू हो सके। यदि डिस्कनेक्शन का उपयोग 90 मिनट से अधिक समय के लिए किया जाता है, तो इंसुलिन की कमी से बचने के लिए अलग-अलग रणनीतियों का उपयोग किया जा सकता है: प्रत्येक 60 मिनट में पंप को फिर से लगाना और प्रति घंटे मानक इंसुलिन खुराक के लगभग 50% के बराबर बोलस देना या नीचे दिए गए इंजेक्शन इंसुलिन के एक संकर खुराक का उपयोग करना।

9.4 पर्यावरण का प्रभाव: खुले पानी में तैरना/सर्फ़िंग/ नौकायन, परिवेश का तापमान, उच्च ऊंचाई, और स्कूबा डाइविंग

9.4.1 खुले पानी में तैरना/सर्फ़िंग/नौकायन

खुले पानी में तैरना, सर्फ़िंग और नौकायन करना शरीर को ठंडे तापमान (नीचे देखें) और पानी दोनों के संपर्क में लाता है। दीर्घकालिक पंप डिस्कनेक्शन की आवश्यकता हो सकती है (ऊपर देखें) और/या इंसुलिन पेन उपचार के साथ संयुक्त इंसुलिन पंप उपचार और चयनित इंसुलिन प्रकार पंप के डिस्कनेक्ट होने की अवधि के अनुकूल होना चाहिए। इंजेक्शन इंसुलिन डिग्लडेक और इंसुलिन पंप थेरेपी (व्यायाम के दौरान डिस्कनेक्ट किया गया) की एक संकर खुराक वयस्कों में सुरक्षित और साथ ही प्रभावी पाया गया है। [142] इंसुलिन पंप उपचार और इंजेक्शन इंसुलिन ग्लार्गिन के साथ समान उपागम ने भी दिखाया है कि बच्चों में यह रणनीति व्यावहारिक है और इससे प्रोलांग्ड पंप सस्पेंशन के दौरान हाइपरग्लाइसीमिया और कीटोएसिडोसिस का जोखिम कम हो सकता है। [143]

9.4.2 परिवेश का तापमान

परिवेश का उच्च तापमान इंसुलिन अवशोषण दर को बढ़ाता है और परिवेश के कम तापमान का विपरीत प्रभाव पड़ता है । [144] बाद वाले का खुले पानी में तैरने (ऊपर उल्लिखित) के दौरान प्रभाव हो सकता है, वेटसूट का उपयोग ठंड से बचा सकता है। परिवेश के उच्च तापमान का परिणाम तनाव भी हो सकता है, जिसके परिणामस्वरूप अधिक ऊर्जा व्यय होती है, इस प्रकार ग्लूकोज़ के स्तर का तेजी से घटने का जोखिम बढ़ जाता है।

रक्त ग्लूकोज़ मीटर की सटीकता तापमान और ऊंचाई सहित कई कारकों से प्रभावित हो सकती है (नीचे देखें)। यह जानकारी प्राप्त करने की सिफारिश की जाती है कि उपयोग के मीटर पर कौन से सीमा मान लागू होते हैं। इसके अलावा, उच्च तापमान के परिणामस्वरूप निर्जलीकरण हो सकता है जो CGM उपकरणों की सटीकता को भी प्रभावित कर सकता है। इसलिए, हाइड्रेशन अत्यंत महत्वपूर्ण है क्योंकि गंभीर निर्जलीकरण से गलत सेंसर ग्लूकोज़ रीडिंग हो सकती है।

इसके विपरीत, कम तापमान भी माप सटीकता को कम कर सकता है या कोई ग्लूकोज़ मान प्राप्त नहीं कर सकता। यह स्थिति 0 डिग्री सेल्सियस (32 डिग्री फ़ारेनहाइट) से कम तापमान पर रखे रक्त ग्लूकोज़ मॉनिटर के लिए काफी विशिष्ट है। इस प्रकार, PA के दौरान ऐसी परिस्थितियों में CGM एक बेहतर विकल्प है। [145]

9.4.3 अधिक ऊँचाई

डाउनहिल स्कीइंग या रॉक क्लाइम्बिंग अधिक ऊंचाई पर व्यायाम के उदाहरण हैं। अधिक ऊंचाई प्रेरित एनोरेक्सिया और ऊर्जा व्यय में वृद्धि से डिस्लाइसीमिया हो सकता है और हाइपोक्सिया गलत फैसले का कारण बन सकता है। इन स्थितियों के दौरान, व्यायाम और तनाव प्रतिकूल हार्मोनल प्रत्युत्तर को भी प्रभावित करता है। इस प्रकार, इष्टतम ग्लाइसीमिया आवश्यक हो जाता है। अधिक ऊंचाई पर रक्त ग्लूकोज़ मीटर गलत हो सकते हैं; इसलिए, संयुक्त उपयोग के लिए CGM की सिफारिश की जा सकती है। अधिक ऊंचाई वाली परिस्थितियों में व्यायाम के बारे में अतिरिक्त जानकारी समीक्षा में मिल सकती है। [146]

9.4.4 स्कूबा डाइविंग

इंसुलिन-उपचारित डायबिटीज़ वाले लोगों के गोताखोरी पर औपचारिक दिशानिर्देश 1990 के दशक की शुरुआत में प्रकाशित किए गए थे। बाद में 2005 में एक कार्यशाला के बाद इस पर सर्वसम्मति बनाई गई। [147]

इंसुलिन-उपचारित डायबिटीज़ वाले लोगों द्वारा गोताखोरी अब दुनिया भर के अधिकांश देशों में कुछ शर्तों के साथ स्वीकृत है। [148,149] हालांकि, डाइविंग गतिविधियों में भागीदारी उचित है, ताकि यह पक्का हो सके कि सावधानीपूर्वक और आवधिक मूल्यांकन फिर भी आवश्यक है। डाइविंग के संबंध में, प्रत्येक डाइविंग अवसर से पहले सावधानीपूर्वक स्व-निगरानी, इंसुलिन खुराक और कार्बोहाइड्रेट सेवन के लिए सुविचारित समायोजन करना अहम है।

गोता लगाने से 60, 30 और 10 मिनट पहले और गोता लगाने के तुरंत बाद ग्लूकोज़ के स्तर की जाँच की जानी चाहिए। इस अवधि के दौरान, मूल्यों या रुझानों में गिरावट के बिना ग्लाइसीमिया स्थिर रहने, और गोता लगाने से पहले स्तर न्यूनतम 8.3 mmol/L (150 mg/dL) के सुरक्षित क्षेत्र में रहना चाहिए। [150]

युवाओं के लिए लागू, उथले गहराई सीमा पर स्कूबा डाइविंग की अनुमति देने के लिए कार्यक्रम उपलब्ध हैं, लेकिन डायबिटीज़ के संयोजन में उम्र के अलावा अन्य पहलुओं पर भी विचार किया जाना चाहिए। डाइविंग शुरू करने वाले व्यक्ति को आम तौर पर फिट-टू-डाइव होना चाहिए, लेकिन उपयुक्त व्यक्तित्व और ग्लाइसीमिया अच्छी तरह से नियंत्रित भी होना चाहिए। युवाओं के संबंध में, इसका अर्थ यह भी है कि व्यक्ति के पास तत्काल स्थितियों में सही निर्णय लेने की क्षमता होनी चाहिए, जिसमें निर्णयों के परिणामों का आकलन करने की क्षमता भी शामिल है। इसके आधार पर, T1D से पीड़ित युवाओं को जूनियर ओपन वॉटर डाइवर सर्टिफिकेट की सिफारिश केवल दुर्लभ मामलों में ही की जा सकती है, जबकि उसी आयु वर्ग में T2D में सीमित कारक संभवतः फिट-टू-डाइव हो सकता है।

10. व्यायाम और खेल में विरोध

प्रशिक्षण और प्रतियोगिताओं में T1D को शिक्षा के प्रत्येक स्तर पर, शारीरिक शिक्षा और खेल में भागीदारी के लिए एक विपरीत संकेत नहीं बनाना चाहिए। व्यायाम से पहले BGL का इष्टतम लक्ष्य सीमा 90 और 270 mg/dL (5.0 से 15 mmol/L) के बीच है। CGM सिस्टम का उपयोग करने वाले डायबिटीज़ रोगी व्यक्तियों में, ग्लूकोज़ प्रवृत्तियों पर विचार किया जाना चाहिए। यदि सेंसर ग्लूकोज़ सीमा रेखा पर है तो BGL को मापा जाना चाहिए क्योंकि व्यायाम के साथ सेंसर की सटीकता बिगड़ जाती है। इष्टतम श्रेणी में BGL के साथ डायबिटीज़ वाले व्यक्ति आम तौर पर व्यायाम, कार्बोहाइड्रेट सेवन और इंसुलिन खुराक समायोजन सुरक्षित रूप से कर सकते हैं।

10.1 व्यायाम के लिए अस्थायी विरोध:

1. पिछले 24 घंटों के भीतर गंभीर हाइपोग्लाइसीमिया का प्रकरण (हाइपोग्लाइसीमिया गंभीर संज्ञानात्मक हानि से जुड़ा है, जिसके ठीक होने के लिए बाहरी सहायता की आवश्यकता होती है)। एंटीसेडेंट गंभीर हाइपोग्लाइसीमिया व्यायाम के दौरान हार्मोनल प्रति-नियामक प्रत्युत्तर को बाधित करता है, इस प्रकार बार-बार होने वाले हाइपोग्लाइसीमिया का जोखिम बढ़ता है। [151]
2. हाइपरग्लेसीमिया ≥ 270 mg/dL (15.0 mmol/L) सहवर्ती कीटोनीमिया/ कीटोनुरिया के साथ इंसुलिन की कमी के कारण होता है, कार्बोहाइड्रेट की अधिकता के कारण नहीं। कीटोनीमिया ≥ 1.5 mmol/L होने पर शारीरिक

व्यायाम की शुरुआत करने और जारी रखने का पूर्ण निषेध है। कीटोनीमिया 1.0 से 1.4 mmol/L (मूत्र कीटोन ++) के मामले में व्यायाम तब तक स्थगित कर दिया जाना चाहिए, जब तक कि इंसुलिन सुधार बोलस लेने के बाद कीटोन का स्तर सामान्य न हो जाए।

3. चोट और तीव्र संक्रमण। इससे डायबिटीज़ वाले व्यक्तियों में हाइपरग्लाइसीमिया तेज हो सकता है क्योंकि वे कैटेकोलामाइन और कोर्टिसोल प्रत्युत्तरों को बढ़ाते हैं।

व्यायाम के लिए अस्थायी रोक के अलावा, प्रतिस्पर्धी खेल पर रोक पर भी विचार किया जाना चाहिए। महत्वपूर्ण रूप से अस्थिर डायबिटीज़, लगातार गंभीर तीव्र डायबिटीज़ जटिलताओं और रोग की उन्नत पुरानी जटिलताओं वाले व्यक्ति को तब तक प्रतिस्पर्धी खेलों में भाग नहीं लेना चाहिए जब तक कि विकार स्थिर न हो जाए।

11. स्कूल और कैंप

स्कूल और शिविर स्कूल के वातावरण में शारीरिक शिक्षा पाठ, पाठ्येतर गतिविधियों (संरचित शारीरिक गतिविधि), और अवकाश या दोपहर के भोजन (विवेकाधीन शारीरिक गतिविधि) के माध्यम से युवाओं में शारीरिक गतिविधि को प्रोत्साहित करने की क्षमता है। डायबिटीज़ वाले विद्यार्थियों को स्कूल में शारीरिक शिक्षा कक्षाओं और अन्य शारीरिक गतिविधियों में पूरी तरह से भाग लेना चाहिए, बशर्ते कि उनको व्यायाम करने पर कोई रोक न हो।

शारीरिक शिक्षा पाठ और स्कूल के दिन के अन्य सक्रिय भाग ग्लाइसीमिक गड़बड़ी से जुड़े हो सकते हैं। विद्यार्थी, उनके स्वास्थ्य देखभाल प्रदाता, माता-पिता, स्कूल नर्स, शारीरिक शिक्षा प्रशिक्षक या टीम कोच के बीच अच्छा संचार और सहयोग, और लक्ष्य निर्धारण जिसमें ग्लूकोज़ माप का अच्छी तरह से डिज़ाइन किया गया नियम शामिल है, व्यायाम के दौरान और इसके बाद में इंसुलिन समायोजन और पोषण आवश्यक हैं। इसलिए, डायबिटीज़ के बारे में शिक्षा ज़रूरी है और डायबिटीज़ पर वर्चुअल पाठ्यक्रम उपलब्ध हैं (उदाहरण के लिए, ऑस्ट्रेलिया में (T1D लर्निंग सेंटर - पाठ्यक्रम)।

शारीरिक शिक्षा पाठों के लिए, एक डायबिटीज़ देखभाल योजना विकसित की जानी चाहिए, जिसमें विद्यार्थियों और उनके शिक्षकों और प्रशिक्षकों के लिए विस्तृत निर्देश शामिल हों। मुख्य लक्ष्य व्यायाम के दौरान और इसके बाद में हाइपोग्लाइसीमिया से बचना है। स्कूल में अधिकांश शारीरिक गतिविधियों के लिए, ऊपर सूचीबद्ध दिशानिर्देश के समान ही दिशानिर्देश दिए गए हैं।

T1D वाले बच्चों के लिए समर्पित शिविर शारीरिक गतिविधि का प्रबंधन करने का अतिरिक्त कौशल सीखने का एक उत्कृष्ट अवसर प्रदान करते हैं। व्यायाम के लिए पोषण और इंसुलिन समायोजन पर परामर्श HbA1c के स्तर को कम कर सकता है। [152] बच्चे अनुभव प्राप्त करते हैं, जिसे वे डायबिटीज़ वाले अन्य लोगों से भी साझा कर सकते हैं। इसके अलावा, स्वास्थ्य देखभाल पेशेवर भी इन अनुभवों से लाभान्वित हो सकते हैं। [153]

12. सीमित देखभाल परिवेश में रहने वाले इंसुलिन पर डायबिटीज़ से पीड़ित बच्चों के लिए व्यायाम

यद्यपि T1D से पीड़ित युवाओं के उपचार के लिए गहन इंसुलिन आहार (MDI और CSII) की दृढ़ता से सिफारिश की जाती है, T1D से पीड़ित युवाओं की पर्याप्त संख्या अभी भी पारंपरिक इंसुलिन खुराक का उपयोग करती है [154-156]

कई कम आय वाले देशों में, ग्लूकोज़ परीक्षण स्ट्रिप्स सार्वभौमिक स्वास्थ्य कवरेज द्वारा कवर नहीं किए जाते। यहां तक कि इष्टतम SMBG (कम से कम चार बार/दिन), लागत के कारण संभव नहीं है। [157] यहां तक कि जब रक्त कीटोन परीक्षण उपलब्ध होता है, तो लागत अधिक होती है और डायबिटीज़ से पीड़ित कई व्यक्ति इसका उपयोग व्यापक रूप से नहीं करते। सीमित SMBG के साथ पारंपरिक इंसुलिन आहार का उपयोग करने वाले बच्चों के लिए, व्यायाम के दौरान नॉर्मोग्लिसीमिया को बनाए रखना चुनौतीपूर्ण है।

12.1 पारंपरिक इंसुलिन खुराक

पारंपरिक आहार में, नाश्ते और रात के खाने के समय NPH और नियमित इंसुलिन या तेजी से कार्यशील इंसुलिन अनालॉग दिया जाता है या पहले से मिलाए हुए इंसुलिन को दिन में दो बार दिया जाता है। हालांकि, इस प्रकार की खुराक की सिफारिश नहीं की जाती।

जब व्यायाम भोजन के बाद होता है, तो प्रीमिक्स इंसुलिन की खुराक को लगभग 20-50% तक कम किया जाना चाहिए [158] ताकि व्यायाम के दौरान हाइपोग्लाइसीमिया के जोखिम को कम किया जा सके, हालांकि हाइपरग्लेसीमिया दिन के दौरान बाद में हो सकता है, क्योंकि मध्यवर्ती-कार्यशील इंसुलिन की मात्रा संयुक्त रूप से कम हो जाती है।

यदि इंसुलिन इंजेक्शन के बाद 2-3 घंटे के भीतर व्यायाम होता है और इसकी योजना बनाई जाती है, तो तेजी से कार्यशील इंसुलिन या नियमित इंसुलिन की खुराक को कम किया जा सकता है। यदि व्यायाम NPH क्रिया अधिक (जैसे, दोपहर में) होगा या व्यायाम घंटों तक चलेगा, तो NPH की खुराक कम हो जानी चाहिए। हालांकि, कई परिस्थितियों में, यहां तक कि इंसुलिन की कम खुराक के साथ, व्यक्तियों को अभी भी व्यायाम के दौरान अतिरिक्त कार्बोहाइड्रेट सेवन की आवश्यकता हो सकती है। यदि व्यायाम गैर-योजनाबद्ध है, तो व्यायाम से पहले और इसके दौरान कार्बोहाइड्रेट का सेवन करने की सिफारिश की जाती है।

13. टाइप 2 डायबिटीज़ और व्यायाम

दिशानिर्देशों के उपर्युक्त भाग में से अधिकांश T2D पर भी लागू होता है और यह खंड T2D से पीड़ित युवाओं की देखभाल के लिए कुछ अतिरिक्त विचार देता है। ISPAD 2022 सर्वसम्मति दिशानिर्देश अध्याय 3 में बच्चों और किशोरों में टाइप 2 मधुमेह पर सहरुग्णता का वर्णन किया गया है।

13.1 शारीरिक गतिविधि T2D से पीड़ित किशोरों के लिए कार्डियोवैस्कुलर स्वास्थ्य में सुधार करती है।

T2D से जुड़ी कार्डियोमेटाबोलिक जटिलताओं को कम करने के लिए दैनिक PA एक आधार है और डायबिटीज़ की देखभाल के लिए राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय दिशानिर्देशों के मुताबिक क्लिनिकल लक्ष्य है। [1,159-162] व्यवस्थित समीक्षाएं स्वस्थ वजन और मोटापे से पीड़ित युवाओं में PA तथा कई कार्डियोमेटाबोलिक स्वास्थ्य परिणामों के बीच सुदृढ़ खुराक-प्रत्युत्तर संबंध दिखाती हैं। [163-165] इन संबंधों को मोटापे से ग्रस्त किशोरों के बीच प्रयोगात्मक अध्ययनों में दोहराया गया था। [166-169] महत्वपूर्ण रूप से, नियमित मध्यम से जोरदार PA से संबद्ध कार्डियोमेटाबोलिक स्वास्थ्य लाभ, विभिन्न प्रकार की पुरानी बीमारी वाले किशोरों में स्पष्ट हैं। [170,171] T2D से पीड़ित किशोरों में कार्डियोमेटाबोलिक स्वास्थ्य से जुड़े PA की भूमिका पर बहुत कम शोध किए गए हैं।

आज तक केवल तीन अध्ययनों ने T2D से पीड़ित किशोरों में PA [17,81,172] और कार्डियोमेटाबोलिक स्वास्थ्य परिणामों के बीच संबंध की जांच की है, और उनमें से सभी क्रॉस-सेक्शनल हैं। सबसे बड़ा अध्ययन (n = 588) क्लिनिक विजिट के दौरान दिए गए सर्वेक्षणों पर निर्भर था और पाया गया कि T2D से पीड़ित किशोर प्रति सप्ताह तीन या अधिक दिनों में सक्रिय होने की रिपोर्ट करते हैं, वे कम सक्रिय किशोरों की तुलना में कम HbA1c स्तर और उच्च घनत्व वाले

लिपोप्रोटीन कोलेस्ट्रॉल प्रदर्शित करते हैं।[81] कनाडा के हाल ही के अवलोकनात्मक अध्ययन से पता चला कि T2D से पीड़ित शारीरिक रूप से सक्रिय किशोरों में एल्बुमिनुरिया होने की संभावना 40% कम थी (aOR: 0.60; 95% CI: 0.19, 0.84) 8.0% से ऊपर Hba1c लेवल 50% से कम होने की संभावना है (> 60 mmol/mol; aOR: 0.50; 95% CI: 0.26, 0.98) ।[17] नियमित रूप से जोरदार तीव्रता गतिविधि में लगे हुए T2D से पीड़ित किशोरों में रात्रिकालीन उच्च रक्तचाप का कम जोखिम दिखा(aOR: 0.54; 95% CI: 0.27, 1.07)। सामूहिक रूप से, ये अवलोकन कुछ सबूत प्रदान करते हैं कि T2D से पीड़ित किशोरों में नियमित PA, बेहतर कार्डियोमेटाबोलिक स्वास्थ्य से जुड़ा होता है। हालांकि, इन अवलोकनों की पुष्टि के लिए RCT की जरूरत होती है।

13.2 T2D से पीड़ित किशोरों के बीच मनोसामाजिक कारक आम हैं और व्यवहार परिवर्तन में बाधा डालते हैं।

T2D से पीड़ित कई किशोरों के लिए, दैनिक PA सहित स्वस्थ जीवन शैली के व्यवहार को लागू करना चुनौतीपूर्ण होता है।[173-175] यह आंशिक रूप से, प्रतिकूल बचपन के अनुभवों, गरीबी[176,177] और मानसिक स्वास्थ्य विकारों[178-184] सहित मनोसामाजिक कारकों के संपर्क में आने के कारण है। उन किशोरों में मानसिक स्वास्थ्य विकार आम हैं, जो T2D से पीड़ित हैं[185,186], ये जीवन की गुणवत्ता तथा नियमित दैनिक PA अपनाने के लिए तैयारी को कम करते हैं।[44] उदाहरण के लिए, नए स्वास्थ्य व्यवहारों को अपनाने के लिए तैयार होने की संभावनाएं (दैनिक PA सहित) T2D से पीड़ित किशोरों के बीच चिंता, अवसाद और भावनात्मक संकट में हर इकाई वृद्धि के लिए ~14% कम हैं।[44] इसके विपरीत, जिन T2D से पीड़ित किशोरों ने अधिक लचीली विशेषताएं होने, विशेष रूप से दूसरों के लिए एक संबंध और अपने जीवन पर महारत की भावना को रिपोर्ट किया, उनके परिवर्तन की कार्रवाई और रखरखाव चरण में होने की 5-10% अधिक संभावना है।[44] व्यावहारिक जीवन शैली के हस्तक्षेप को विकसित करने की तत्काल आवश्यकता है जो विशेष रूप से इन तनावों पर ध्यान देते हैं और T2D से पीड़ित किशोरों का उनके दैनिक PA को बढ़ाने के लिए समर्थन करते हैं।

13.3 T2D से पीड़ित किशोरों में व्यवहार परिवर्तन हेतु पारंपरिक उपागम अप्रभावी हैं।

किशोरों में व्यवहार परिवर्तन या T2D से पीड़ित किशोरों में व्यवहार परिवर्तन चुनौतीपूर्ण होता है, और T2D से पीड़ित किशोरों के बीच PA बढ़ाने के लिए इष्टतम उपागम अनिश्चित है। हाल की व्यवस्थित समीक्षाएं[187-189] सुझाव देती हैं कि मोटापे से ग्रस्त किशोरों में पारंपरिक व्यावहारिक जीवन शैली के हस्तक्षेप की प्रभावकारिता मामूली और शायद ही कभी बनी रहती है। मामूली प्रभाव इस अवलोकन से संबंधित हो सकते हैं कि व्यवहार जीवन शैली हस्तक्षेप के ~ 80% RCT में साप्ताहिक रूप से केवल 30 मिनट के समर्थन की पेशकश की गई, और 35 हस्तक्षेपों में से केवल 2 ने मनोसामाजिक कारकों पर ध्यान दिया।[190-192] किशोरों और युवाओं में टाइप 2 डायबिटीज़ के लिए उपचार विकल्प (TODAY) अध्ययन एकमात्र चिकित्सीय परीक्षण था जिसमें व्यवहार जीवन शैली हस्तक्षेप की तुलना की गई थी, जिसमें T2D से पीड़ित किशोरों के लिए देखभाल के मानक के लिए दैनिक PA बढ़ाना शामिल था।[193] यह 2 साल का गहन जीवन शैली हस्तक्षेप संज्ञानात्मक व्यवहार थेरेपी (CBT) के सिद्धांतों में आधारित था और वजन कम करने और PA बढ़ाने के लिए T2D से पीड़ित किशोरों को व्यापक समर्थन किया।[193] व्यवहार टीम की ओर से कठिन प्रयासों के बावजूद, गहन जीवन शैली हस्तक्षेप लक्ष्य HbA1c स्तर [< 8% (< 60 mmol/mol][48] या जीवन शैली व्यवहार[194] बनाए रखने में सफल नहीं थी। इस उपागम की खराब प्रभावकारिता के लिए, संभावित स्पष्टीकरण के रूप में मनोसामाजिक कारकों को संबोधित करने में विफलता की पहचान की गई थी।[194] इष्टतम उपागम निर्धारित करने के लिए RCT की आवश्यकता होती है, ताकि T2D से पीड़ित किशोरों के लिए नियमित दैनिक PA को अपनाने और रखरखाव में सहायता कर सकें।

सन्दर्भ

1. Adolfsson P, Riddell MC, Taplin CE, et al. ISPAD clinical practice consensus guidelines 2018: Exercise in children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes.* 2018;19 Suppl 27:205-226.
2. Jendle JH, Riddell MC, Jones TW. *Physical Activity and Type 1 Diabetes*. In: Lausanne: Frontiers Media SA; 2020.
3. Klaprat N, MacIntosh A, McGavock JM. Gaps in Knowledge and the Need for Patient-Partners in Research Related to Physical Activity and Type 1 Diabetes: A Narrative Review. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2019;10:42.
4. Yardley JE, Brockman NK, Bracken RM. Could Age, Sex and Physical Fitness Affect Blood Glucose Responses to Exercise in Type 1 Diabetes? *Front Endocrinol (Lausanne).* 2018;9:674.
5. Chetty T, Shetty V, Fournier PA, Adolfsson P, Jones TW, Davis EA. Exercise Management for Young People With Type 1 Diabetes: A Structured Approach to the Exercise Consultation. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2019;10:326.
6. Tagougui S, Taleb N, Rabasa-Lhoret RJFie. *The benefits and limits of technological advances in glucose management around physical activity in patients type 1 diabetes.* 2019;9:818.
7. Rothacker KM, Armstrong S, Smith GJ, et al. Acute hyperglycaemia does not have a consistent adverse effect on exercise performance in recreationally active young people with type 1 diabetes: a randomised crossover in-clinic study. *Diabetologia.* 2021;64(8):1737-1748.
8. Yardley JE. The Athlete with Type 1 Diabetes: Transition from Case Reports to General Therapy Recommendations. *Open Access J Sports Med.* 2019;10:199-207.
9. Riddell MC, Scott SN, Fournier PA, et al. The competitive athlete with type 1 diabetes. *Diabetologia.* 2020.
10. Moser O, Riddell MC, Eckstein ML, et al. Glucose management for exercise using continuous glucose monitoring (CGM) and intermittently scanned CGM (isCGM) systems in type 1 diabetes: position statement of the European Association for the Study of Diabetes (EASD) and of the International Society for Pediatric and Adolescent Diabetes (ISPAD) endorsed by JDRF and supported by the American Diabetes Association (ADA). *Pediatr Diabetes.* 2020;21(8):1375-1393.
11. Petruzelkova L, Soupal J, Plasova V, et al. Excellent Glycemic Control Maintained by Open-Source Hybrid Closed-Loop AndroidAPS During and After Sustained Physical Activity. *Diabetes technology & therapeutics.* 2018;20(11):744-750.
12. Renard E, Tubiana-Rufi N, Bonnemaison-Gilbert E, et al. Closed-loop driven by control-to-range algorithm outperforms threshold-low-glucose-suspend insulin delivery on glucose control albeit not on nocturnal hypoglycaemia in prepubertal patients with type 1 diabetes in a supervised hotel setting. *Diabetes Obes Metab.* 2019;21(1):183-187.
13. Ekhlaspour L, Forlenza GP, Chernavvsky D, et al. Closed loop control in adolescents and children during winter sports: Use of the Tandem Control-IQ AP system. *Pediatr Diabetes.* 2019;20(6):759-768.
14. Dovc K, Piona C, Yesiltepe Mutlu G, et al. Faster Compared With Standard Insulin Aspart During Day-and-Night Fully Closed-Loop Insulin Therapy in Type 1 Diabetes: A Double-Blind Randomized Crossover Trial. *Diabetes Care.* 2020;43(1):29-36.
15. Tagougui S, Taleb N, Legault L, et al. A single-blind, randomised, crossover study to reduce hypoglycaemia risk during postprandial exercise with closed-loop insulin delivery in adults with type 1 diabetes: announced (with or without bolus reduction) vs unannounced exercise strategies. *Diabetologia.* 2020;63(11):2282-2291.
16. Paldus B, Morrison D, Zaharieva DP, et al. A Randomized Crossover Trial Comparing Glucose Control During Moderate-Intensity, High-Intensity, and Resistance Exercise With Hybrid Closed-Loop Insulin Delivery While Profiling Potential Additional Signals in Adults With Type 1 Diabetes. *Diabetes Care.* 2022;45(1):194-203.
17. Slaght JL, Wicklow BA, Dart AB, et al. Physical activity and cardiometabolic health in adolescents with type 2 diabetes: a cross-sectional study. *BMJ Open Diabetes Res Care.* 2021;9(1).
18. Absil H, Baudet L, Robert A, Lysy PA. Benefits of physical activity in children and adolescents with type 1 diabetes: A systematic review. *Diabetes research and clinical practice.* 2019;156:107810.
19. Tapia-Serrano MA, Sevil-Serrano J, Sanchez-Miguel PA, Lopez-Gil JF, Tremblay MS, Garcia-Hermoso A. Prevalence of meeting 24-Hour Movement Guidelines from pre-school to adolescence: A systematic review and meta-analysis including 387,437 participants and 23 countries. *J Sport Health Sci.* 2022;11(4):427-437.
20. Lagestad P, van den Tillaar R, Mamen A. Longitudinal Changes in Physical Activity Level, Body Mass Index, and Oxygen Uptake Among Norwegian Adolescents. *Front Public Health.* 2018;6:97.
21. Nadeau KJ, Regensteiner JG, Bauer TA, et al. Insulin resistance in adolescents with type 1 diabetes and its relationship to cardiovascular function. *J Clin Endocrinol Metab.* 2010;95(2):513-521.
22. Wittmeier KD, Wicklow BA, MacIntosh AC, et al. Hepatic steatosis and low cardiorespiratory fitness in youth with type 2 diabetes. *Obesity (Silver Spring).* 2012;20(5):1034-1040.
23. Bjornstad P, Cree-Green M, Baumgartner A, et al. Achieving ADA/ISPAD clinical guideline goals is associated with higher insulin sensitivity and cardiopulmonary fitness in adolescents with type 1 diabetes: Results from RESistance to InSulin in Type 1 ANd Type 2 diabetes (RESISTANT) and Effects of MEtformin on CardiovasculaR Function in AdoLescents with Type 1 Diabetes (EMERALD) Studies. *Pediatr Diabetes.* 2018;19(3):436-442.
24. Bjornstad P, Truong U, Dorosz JL, et al. Cardiopulmonary Dysfunction and Adiponectin in Adolescents With Type 2 Diabetes. *J Am Heart Assoc.* 2016;5(3):e002804.
25. Biddle SJ, Pearson N, Ross GM, Braithwaite R. Tracking of sedentary behaviours of young people: a systematic review. *Prev Med.* 2010;51(5):345-351.
26. Jones RA, Hinkley T, Okely AD, Salmon J. Tracking physical activity and sedentary behavior in childhood: a systematic review. *Am J Prev Med.* 2013;44(6):651-658.
27. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med.* 2020;54(24):1451-1462.
28. Miculis CP, De Campos W, da Silva Boguszweski MC. Correlation between glycemic control and physical activity level in adolescents and children with type 1 diabetes. *J Phys Act Health.* 2015;12(2):232-237.
29. Beraki A, Magnuson A, Sarnblad S, Aman J, Samuelsson U. Increase in physical activity is associated with lower HbA1c levels in children and adolescents with type 1 diabetes: results from a cross-sectional study based on the Swedish pediatric diabetes quality registry (SWEDIABKIDS). *Diabetes research and clinical practice.* 2014;105(1):119-125.
30. Quirk H, Blake H, Tennyson R, Randell TL, Glazebrook C. Physical activity interventions in children and young people with Type 1 diabetes mellitus: a systematic review with meta-analysis. *Diabet Med.* 2014;31(10):1163-1173.
31. Tikkanen-Dolenc H, Wadén J, Forsblom C, et al. Physical Activity Reduces Risk of Premature Mortality in Patients With Type 1 Diabetes With and Without Kidney Disease. *Diabetes Care.* 2017;40(12):1727-1732.
32. Chimen M, Kennedy A, Nirantharakumar K, Pang TT, Andrews R, Narendran P. What are the health benefits of physical activity in type 1 diabetes mellitus? A literature review. *Diabetologia.* 2012;55(3):542-551.
33. Maggio AB, Rizzoli RR, Marchand LM, Ferrari S, Beghetti M, Farpour-Lambert NJ. Physical activity increases bone mineral density in children with type 1 diabetes. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(7):1206-1211.
34. Pivovarov JA, Taplin CE, Riddell MC. Current perspectives on physical activity and exercise for youth with diabetes. *Pediatr Diabetes.* 2015;16(4):242-255.
35. Jamiolkowska-Sztabkowska M, Glowinska-Olszewska B, Luczynski W, Konstantynowicz J, Bossowski A. Regular physical activity as a physiological factor contributing to extend partial remission time in children with new onset diabetes mellitus-Two years observation. *Pediatr Diabetes.* 2020;21(5):800-807.
36. Sundberg F, Forsander G, Fasth A, Ekelund U. Children younger than 7 years with type 1 diabetes are less physically active than healthy controls. *Acta Paediatr.* 2012;101(11):1164-1169.
37. Elmesmari R, Reilly JJ, Martin A, Paton JY. Accelerometer measured levels of moderate-to-vigorous intensity physical activity and sedentary time in children and adolescents with chronic disease: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2017;12(6):e0179429.
38. de Lima VA, Mascarenhas LPG, Decimo JP, et al. Physical Activity Levels of Adolescents with Type 1 Diabetes Physical Activity in T1D. *Pediatr Exerc Sci.* 2017;29(2):213-219.
39. Ziebland S, Thorogood M, Yudkin P, Jones L, Coulter A. Lack of willpower

or lack of wherewithal? "Internal" and "external" barriers to changing diet and exercise in a three year follow-up of participants in a health check. *Soc Sci Med.* 1998;46(4-5):461-465.
40. Trost SG, Saunders R, Ward DS. Determinants of physical activity in middle school children. *Am J Health Behav.* 2002;26(2):95-102.
41. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25 Suppl 3:1-72.
42. Jabbour G, Henderson M, Mathieu ME. Barriers to Active Lifestyles in Children with Type 1 Diabetes. *Can J Diabetes.* 2016;40(2):170-172.
43. Lascar N, Kennedy A, Hancock B, et al. Attitudes and barriers to exercise in adults with type 1 diabetes (T1DM) and how best to address them: a qualitative study. *PLoS One.* 2014;9(9):e108019.
44. McGavock J, Durksen A, Wicklow B, et al. Determinants of Readiness for Adopting Healthy Lifestyle Behaviors Among Indigenous Adolescents with Type 2 Diabetes in Manitoba, Canada: A Cross-Sectional Study. *Obesity (Silver Spring).* 2018;26(5):910-915.
45. Michalak A, Gawrecki A, Gałczyński S, et al. Assessment of Exercise Capacity in Children with Type 1 Diabetes in the Cooper Running Test. *International journal of sports medicine.* 2019;40(2):110-115.
46. Liu LL, Lawrence JM, Davis C, et al. Prevalence of overweight and obesity in youth with diabetes in USA: the SEARCH for Diabetes in Youth study. *Pediatric diabetes.* 2010;11(1):4-11.
47. Bjornstad P, Drews K, Zeitler PS. Long-Term Complications in Youth-Onset Type 2 Diabetes. Reply. *N Engl J Med.* 2021;385(21):2016.
48. Group TS, Zeitler P, Hirst K, et al. A clinical trial to maintain glycemic control in youth with type 2 diabetes. *N Engl J Med.* 2012;366(24):2247-2256.
49. Carino M, Elia Y, Sellers E, et al. Comparison of Clinical and Social Characteristics of Canadian Youth Living With Type 1 and Type 2 Diabetes. *Can J Diabetes.* 2021;45(5):428-435.
50. Livny R, Said W, Shilo S, et al. Identifying sources of support and barriers to physical activity in pediatric type 1 diabetes. *Pediatr Diabetes.* 2020;21(1):128-134.
51. Yardley JE, Sigal RJ. Exercise strategies for hypoglycemia prevention in individuals with type 1 diabetes. *Diabetes Spectr.* 2015;28(1):32-38.
52. Roberts AJ, Taplin CE, Isom S, et al. Association between fear of hypoglycemia and physical activity in youth with type 1 diabetes: The SEARCH for diabetes in youth study. *Pediatr Diabetes.* 2020;21(7):1277-1284.
53. Martins J, Costa J, Sarmento H, et al. Adolescents' Perspectives on the Barriers and Facilitators of Physical Activity: An Updated Systematic Review of Qualitative Studies. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(9).
54. Singhvi A, Tansey MJ, Janz K, Zimmerman MB, Tsalikian E. Aerobic fitness and glycemic variability in adolescents with type 1 diabetes. *Endocr Pract.* 2014;20(6):566-570.
55. Jaggers JR, King KM, Watson SE, Wintergerst KA. Predicting Nocturnal Hypoglycemia with Measures of Physical Activity Intensity in Adolescent Athletes with Type 1 Diabetes. *Diabetes technology & therapeutics.* 2019;21(7):406-408.
56. Adolfsson P, Mattsson S, Jendle J. Evaluation of glucose control when a new strategy of increased carbohydrate supply is implemented during prolonged physical exercise in type 1 diabetes. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(12):2599-2607.
57. Shetty VB, Fournier PA, Davey RJ, et al. Effect of exercise intensity on glucose requirements to maintain euglycemia during exercise in type 1 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab.* 2016;101(3):972-980.
58. Riddell MC, Gallen IW, Smart CE, et al. Exercise management in type 1 diabetes: A consensus statement. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2017;5(5):377-390.
59. Zaharieva DP, Riddell MC. Prevention of exercise-associated dysglycemia: a case study-based approach. *Diabetes Spectr.* 2015;28(1):55-62.
60. Van Hooren B, Peake JM. Do We Need a Cool-Down After Exercise? A Narrative Review of the Psychophysiological Effects and the Effects on Performance, Injuries and the Long-Term Adaptive Response. *Sports Med.* 2018;48(7):1575-1595.
61. McMahon SK, Ferreira LD, Ratnam N, et al. Glucose requirements to maintain euglycemia after moderate-intensity afternoon exercise in adolescents with type 1 diabetes are increased in a biphasic manner. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism.* 2007;92(3):963-968.
62. Taplin CE, Cobry E, Messer L, McFann K, Chase HP, Fiallo-Scharer R. Preventing post-exercise nocturnal hypoglycemia in children with type 1 diabetes. *J Pediatr.* 2010;157(5):784-788.
63. Dagogo-Jack SE, Craft S, Cryer PE. Hypoglycemia-associated autonomic failure in insulin-dependent diabetes mellitus. Recent antecedent hypoglycemia reduces autonomic responses to, symptoms of, and defense against subsequent hypoglycemia. *The Journal of clinical investigation.* 1993;91(3):819-828.
64. Diabetes Research in Children Network Study G. Impaired overnight counterregulatory hormone responses to spontaneous hypoglycemia in children with type 1 diabetes. *Pediatr Diabetes.* 2007;8(4):199-205.
65. Riddell MC, Zaharieva DP, Tansey M, et al. Individual glucose responses to prolonged moderate intensity aerobic exercise in adolescents with type 1 diabetes: The higher they start, the harder they fall. *Pediatr Diabetes.* 2019;20(1):99-106.
66. Hargreaves M, Spriet LL. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nat Metab.* 2020;2(9):817-828.
67. Bussau VA, Ferreira LD, Jones TW, Fournier PA. The 10-s maximal sprint: a novel approach to counter an exercise-mediated fall in glycemia in individuals with type 1 diabetes. *Diabetes care.* 2006;29(3):601-606.
68. Guelfi KJ, Ratnam N, Smythe GA, Jones TW, Fournier PA. Effect of intermittent high-intensity compared with continuous moderate exercise on glucose production and utilization in individuals with type 1 diabetes. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2007;292(3):E865-870.
69. Justice TD, Hammer GL, Davey RJ, et al. Effect of antecedent moderate-intensity exercise on the glycemia-increasing effect of a 30-sec maximal sprint: a sex comparison. *Physiol Rep.* 2015;3(5).
70. Riddell MC, Bar-Or O, Hollidge-Horvat M, Schwarcz HP, Heigenhauser GJ. Glucose ingestion and substrate utilization during exercise in boys with IDDM. *J Appl Physiol.* 2000;88(4):1239-1246.
71. Tansey MJ, Tsalikian E, Beck RW, et al. The effects of aerobic exercise on glucose and counterregulatory hormone concentrations in children with type 1 diabetes. *Diabetes Care.* 2006;29(1):20-25.
72. Iscoe KE, Riddell MC. Continuous moderate-intensity exercise with or without intermittent high-intensity work: Effects on acute and late glycaemia in athletes with Type 1 diabetes mellitus. *Diabetic Medicine.* 2011;28(7):824-832.
73. Moser O, Tschakert G, Mueller A, et al. Effects of high-intensity interval exercise versus moderate continuous exercise on glucose homeostasis and hormone response in patients with type 1 diabetes mellitus using novel ultra-long-acting insulin. *PloS One.* 2015;10(8):e0136489.
74. Brooks GA. The Precious Few Grams of Glucose During Exercise. *Int J Mol Sci.* 2020;21(16).
75. Sylow L, Kleinert M, Richter EA, Jensen TE. Exercise-stimulated glucose uptake - regulation and implications for glycaemic control. *Nat Rev Endocrinol.* 2017;13(3):133-148.
76. Muller MJ, Acheson KJ, Burger AG, Jequier E. Evidence that hyperglycaemia per se does not inhibit hepatic glucose production in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1990;60(4):293-299.
77. Avogaro A, Gnudi L, Valerio A, et al. Effects of different plasma glucose concentrations on lipolytic and ketogenic responsiveness to epinephrine in type I (insulin-dependent) diabetic subjects. *J Clin Endocrinol Metab.* 1993;76(4):845-850.
78. Guelfi KJ, Jones TW, Fournier PA. New insights into managing the risk of hypoglycaemia associated with intermittent high-intensity exercise in individuals with type 1 diabetes mellitus: implications for existing guidelines. *Sports Med.* 2007;37(11):937-946.
79. Pitt JP, McCarthy OM, Hoeg-Jensen T, Wellman BM, Bracken RM. Factors Influencing Insulin Absorption Around Exercise in Type 1 Diabetes. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2020;11:573275.
80. Arutchelvam V, Heise T, Dellweg S, Elbroend B, Minns I, Home PD. Plasma glucose and hypoglycaemia following exercise in people with Type 1 diabetes: a comparison of three basal insulins. *Diabet Med.* 2009;26(10):1027-1032.
81. Herbst A, Kapellen T, Schober E, et al. Impact of regular physical activity on blood glucose control and cardiovascular risk factors in adolescents with type 2 diabetes mellitus--a multicenter study of 578 patients from 225 centres. *Pediatr Diabetes.* 2015;16(3):204-210.
82. Ertl AC, Davis SN. Evidence for a vicious cycle of exercise and hypoglycemia

in type 1 diabetes mellitus. Diabetes Metab Res Rev. 2004;20(2):124-130.
83. Oliver SR, Rosa JS, Minh TD, et al. Dose-dependent relationship between severity of pediatric obesity and blunting of the growth hormone response to exercise. *J Appl Physiol (1985).* 2010;108(1):21-27.
84. Eliakim A, Nemet D, Zaldivar F, et al. Reduced exercise-associated response of the GH-IGF-I axis and catecholamines in obese children and adolescents. *J Appl Physiol (1985).* 2006;100(5):1630-1637.
85. Kelly D, Hamilton JK, Riddell MC. Blood glucose levels and performance in a sports cAMP for adolescents with type 1 diabetes mellitus: a field study. *Int J Pediatr.* 2010;2010.
86. Galassetti P, Riddell MC. Exercise and type 1 diabetes (T1DM). *Compr Physiol.* 2013;3(3):1309-1336.
87. Wise JE, Kolb EL, Sauder SE. Effect of glycemic control on growth velocity in children with IDDM. *Diabetes Care.* 1992;15(7):826-830.
88. Monaco CMF, Perry CGR, Hawke TJ. Diabetic Myopathy: current molecular understanding of this novel neuromuscular disorder. *Curr Opin Neurol.* 2017;30(5):545-552.
89. Gal JJ, Li Z, Willi SM, Riddell MC. Association Between High Levels of Physical Activity and Improved Glucose Control on Active Days in Youth with Type 1 Diabetes. *Pediatr Diabetes.* 2022.
90. Butte NF, Watson KB, Ridley K, et al. A Youth Compendium of Physical Activities: Activity Codes and Metabolic Intensities. *Med Sci Sports Exerc.* 2018;50(2):246-256.
91. Wilk B, Timmons BW, Bar-Or O. Voluntary fluid intake, hydration status, and aerobic performance of adolescent athletes in the heat. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2010;35(6):834-841.
92. McKinlay BJ, Theocharidis A, Adebero T, et al. Effects of Post-Exercise Whey Protein Consumption on Recovery Indices in Adolescent Swimmers. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(21).
93. Pasiakos SM, Lieberman HR, McLellan TM. Effects of protein supplements on muscle damage, soreness and recovery of muscle function and physical performance: a systematic review. *Sports Med.* 2014;44(5):655-670.
94. Nieper A. Nutritional supplement practices in UK junior national track and field athletes. *Br J Sports Med.* 2005;39(9):645-649.
95. Wiens K, Erdman KA, Stadnyk M, Parnell JA. Dietary supplement usage, motivation, and education in young, Canadian athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2014;24(6):613-622.
96. Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018;15(1):38.
97. Plougmann S, Hejlesen O, Turner B, Kerr D, Cavan D. The effect of alcohol on blood glucose in Type 1 diabetes--metabolic modelling and integration in a decision support system. *Int J Med Inform.* 2003;70(2-3):337-344.
98. Turner BC, Jenkins E, Kerr D, Sherwin RS, Cavan DA. The effect of evening alcohol consumption on next-morning glucose control in type 1 diabetes. *Diabetes Care.* 2001;24(11):1888-1893.
99. Siler SQ, Neese RA, Christiansen MP, Hellerstein MK. The inhibition of gluconeogenesis following alcohol in humans. *Am J Physiol.* 1998;275(5):E897-907.
100. Avogaro A, Beltramello P, Gnudi L, et al. Alcohol intake impairs glucose counterregulation during acute insulin-induced hypoglycemia in IDDM patients. Evidence for a critical role of free fatty acids. *Diabetes.* 1993;42(11):1626-1634.
101. Cao J, Lei S, Wang X, Cheng S. The Effect of a Ketogenic Low-Carbohydrate, High-Fat Diet on Aerobic Capacity and Exercise Performance in Endurance Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients.* 2021;13(8).
102. Burke LM, Whitfield J, Heikura IA, et al. Adaptation to a low carbohydrate high fat diet is rapid but impairs endurance exercise metabolism and performance despite enhanced glycogen availability. *J Physiol.* 2021;599(3):771-790.
103. Gregory JM, Smith TJ, Slaughter JC, et al. Iatrogenic Hyperinsulinemia, Not Hyperglycemia, Drives Insulin Resistance in Type 1 Diabetes as Revealed by Comparison With GCK-MODY (MODY2). *Diabetes.* 2019;68(8):1565-1576.
104. Cree-Green M, Stuppy JJ, Thurston J, et al. Youth With Type 1 Diabetes Have Adipose, Hepatic, and Peripheral Insulin Resistance. *J Clin Endocrinol Metab.* 2018;103(10):3647-3657.
105. Roberts JD, Tarpey MD, Kass LS, Tarpey RJ, Roberts MG. Assessing a commercially available sports drink on exogenous carbohydrate oxidation, fluid delivery and sustained exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014;11(1):8.
106. Trommelen J, Fuchs CJ, Beelen M, et al. Fructose and Sucrose Intake Increase Exogenous Carbohydrate Oxidation during Exercise. *Nutrients.* 2017;9(2).
107. Jentjens RL, Achten J, Jeukendrup AE. High oxidation rates from combined carbohydrates ingested during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(9):1551-1558.
108. Rowlands DS, Thorburn MS, Thorp RM, Broadbent S, Shi X. Effect of graded fructose coingestion with maltodextrin on exogenous 14C-fructose and 13C-glucose oxidation efficiency and high-intensity cycling performance. *J Appl Physiol (1985).* 2008;104(6):1709-1719.
109. Rabasa-Lhoret R, Bourque J, Ducros F, Chiasson JL. Guidelines for premeal insulin dose reduction for postprandial exercise of different intensities and durations in type 1 diabetic subjects treated intensively with a basal-bolus insulin regimen (ultralente-lispro). *Diabetes Care.* 2001;24(4):625-630.
110. Campbell MD, Walker M, Bracken RM, et al. Insulin therapy and dietary adjustments to normalize glycemia and prevent nocturnal hypoglycemia after evening exercise in type 1 diabetes: a randomized controlled trial. *BMJ Open Diabetes Res Care.* 2015;3(1):e000085.
111. Kang K, Absher R, Farrington E, Ackley R, So TY. Evaluation of Different Methods Used to Calculate Ideal Body Weight in the Pediatric Population. *J Pediatr Pharmacol Ther.* 2019;24(5):421-430.
112. Zaharieva DP, McGaugh S, Pooni R, Vienneau T, Ly T, Riddell MC. Improved Open-Loop Glucose Control With Basal Insulin Reduction 90 Minutes Before Aerobic Exercise in Patients With Type 1 Diabetes on Continuous Subcutaneous Insulin Infusion. *Diabetes Care.* 2019;42(5):824-831.
113. Zaharieva D, Yavelberg L, Jamnik V, Cinar A, Turksoy K, Riddell M. The effects of basal insulin suspension at the start of exercise on blood glucose levels during continuous versus circuit-based exercise in individuals with type 1 diabetes on continuous subcutaneous insulin infusion. *Diabetes technology & therapeutics.* 2017;19(6):370-378.
114. Tuominen JA, Karonen SL, Melamies L, Bolli G, Koivisto VA. Exercise-induced hypoglycaemia in IDDM patients treated with a short-acting insulin analogue. *Diabetologia.* 1995;38(1):106-111.
115. Kerksick CM, Arent S, Schoenfeld BJ, et al. International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:33.
116. McGaugh SM, Zaharieva DP, Pooni R, et al. Carbohydrate Requirements for Prolonged, Fasted Exercise With and Without Basal Rate Reductions in Adults With Type 1 Diabetes on Continuous Subcutaneous Insulin Infusion. *Diabetes Care.* 2021;44(2):610-613.
117. Moser O, Eckstein ML, Mueller A, et al. Pre-Exercise Blood Glucose Levels Determine the Amount of Orally Administered Carbohydrates during Physical Exercise in Individuals with Type 1 Diabetes-A Randomized Cross-Over Trial. *Nutrients.* 2019;11(6).
118. Zaharieva DP, Turksoy K, McGaugh SM, et al. Lag time remains with newer real-time continuous glucose monitoring technology during aerobic exercise in adults living with type 1 diabetes. *Diabetes technology & therapeutics.* 2019;21(6):313-321.
119. Perrone C, Laitano O, Meyer F. Effect of carbohydrate ingestion on the glycemic response of type 1 diabetic adolescents during exercise. *Diabetes Care.* 2005;28(10):2537-2538.
120. Berardi JM, Price TB, Noreen EE, Lemon PW. Postexercise muscle glycogen recovery enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(6):1106-1113.
121. Yardley JE, Kenny GP, Perkins BA, et al. Resistance versus aerobic exercise: Acute effects on glycemia in type 1 diabetes. *Diabetes Care.* 2013;36(3):537-542.
122. Yardley JE, Iscoe KE, Sigal RJ, Kenny GP, Perkins BA, Riddell MC. Insulin pump therapy is associated with less post-exercise hyperglycemia than multiple daily injections: an observational study of physically active type 1 diabetes patients. *Diabetes technology & therapeutics.* 2013;15(1):84-88.
123. Sigal RJ, Fisher S, Halter JB, Vranic M, Marliss EB. The roles of catecholamines in glucoregulation in intense exercise as defined by the islet cell clamp technique. *Diabetes.* 1996;45(2):148-156.
124. Marliss EB, Simantirakis E, Miles PD, et al. Glucoregulatory and hormonal responses to repeated bouts of intense exercise in normal male subjects. *J Appl Physiol (1985).* 1991;71(3):924-933.
125. Aronson R, Brown RE, Li A, Riddell MCJDc. *Optimal insulin correction factor in post–high-intensity exercise hyperglycemia in adults with type 1 diabetes: the FIT study*. 2019;42(1):10-16.
126. Admon G, Weinstein Y, Falk B, et al. Exercise with and without an insulin

pump among children and adolescents with type 1 diabetes mellitus. *Pediatrics.* 2005;116(3):e348-355.
127. Sherr JL, Cengiz E, Palerm CC, et al. Reduced hypoglycemia and increased time in target using closed-loop insulin delivery during nights with or without antecedent afternoon exercise in type 1 diabetes. *Diabetes Care.* 2013;36(10):2909-2914.
128. Kalergis M, Schiffrin A, Gougeon R, Jones PJ, Yale JF. Impact of bedtime snack composition on prevention of nocturnal hypoglycemia in adults with type 1 diabetes undergoing intensive insulin management using lispro insulin before meals: a randomized, placebo-controlled, crossover trial. *Diabetes Care.* 2003;26(1):9-15.
129. Davey RJ, Howe W, Paramalingam N, et al. The effect of midday moderate-intensity exercise on postexercise hypoglycemia risk in individuals with type 1 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab.* 2013;98(7):2908-2914.
130. Bailey RC, Olson J, Pepper SL, Porszasz J, Barstow TJ, Cooper DM. The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27(7):1033-1041.
131. 1Pemberton JS, Barrett TG, Dias RP, Kershaw M, Krone R, Uday S. An effective and cost-saving structured education program teaching dynamic glucose management strategies to a socio-economically deprived cohort with type 1 diabetes in a VIRTUAL setting. *Pediatr Diabetes.* 2022.
132. Morrison D, Zaharieva DP, Lee MH, et al. Comparable Glucose Control with Fast-Acting Insulin Aspart Versus Insulin Aspart Using a Second-Generation Hybrid Closed-Loop System During Exercise. *Diabetes technology & therapeutics.* 2021.
133. Zaharieva DP, Cinar A, Yavelberg L, Jamnik V, Riddell MC. No Disadvantage to Insulin Pump Off vs Pump On During Intermittent High-Intensity Exercise in Adults With Type 1 Diabetes. *Can J Diabetes.* 2020;44(2):162-168.
134. West DJ, Stephens JW, Bain SC, et al. A combined insulin reduction and carbohydrate feeding strategy 30 min before running best preserves blood glucose concentration after exercise through improved fuel oxidation in type 1 diabetes mellitus. *J Sports Sci.* 2011;29(3):279-289.
135. Neyman A, Woerner S, Russ M, Yarbrough A, DiMeglio LA. Strategies That Adolescents With Type 1 Diabetes Use in Relation to Exercise. *Clin Diabetes.* 2020;38(3):266-272.
136. Stettler C, Jenni S, Allemann S, et al. Exercise capacity in subjects with type 1 diabetes mellitus in eu- and hyperglycaemia. *Diabetes Metab Res Rev.* 2006;22(4):300-306.
137. Cho JH, Kim HO, Surh CD, Sprent J. T cell receptor-dependent regulation of lipid rafts controls naive CD8+ T cell homeostasis. *Immunity.* 2010;32(2):214-226.
138. MacDonald TL, Pattamaprapanont P, Pathak P, et al. Hyperglycaemia is associated with impaired muscle signalling and aerobic adaptation to exercise. *Nat Metab.* 2020;2(9):902-917.
139. Diabetes Research in Children Network Study G, Tsalikian E, Kollman C, et al. Prevention of hypoglycemia during exercise in children with type 1 diabetes by suspending basal insulin. *Diabetes Care.* 2006;29(10):2200-2204.
140. Beck RW, Raghinaru D, Wadwa RP, et al. Frequency of morning ketosis after overnight insulin suspension using an automated nocturnal predictive low glucose suspend system. *Diabetes Care.* 2014;37(5):1224-1229.
141. Wadwa RP, Chase HP, Raghinaru D, et al. Ketone production in children with type 1 diabetes, ages 4-14 years, with and without nocturnal insulin pump suspension. *Pediatr Diabetes*. 2017;18(6):422-427.
142. Aronson R, Li A, Brown RE, McGaugh S, Riddell MC. Flexible insulin therapy with a hybrid regimen of insulin degludec and continuous subcutaneous insulin infusion with pump suspension before exercise in physically active adults with type 1 diabetes (FIT Untethered): a single-centre, open-label, proof-of-concept, randomised crossover trial. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2020;8(6):511-523.
143. Alemzadeh R, Parton EA, Holzum MK. Feasibility of continuous subcutaneous insulin infusion and daily supplemental insulin glargine injection in children with type 1 diabetes. *Diabetes technology & therapeutics.* 2009;11(8):481-486.
144. Berger M, Cuppers HJ, Hegner H, Jorgens V, Berchtold P. Absorption kinetics and biologic effects of subcutaneously injected insulin preparations. *Diabetes Care.* 1982;5(2):77-91.
145. Deakin S, Steele D, Clarke S, et al. Cook and Chill: Effect of Temperature on the Performance of Nonequilibrated Blood Glucose Meters. *J Diabetes Sci Technol.* 2015;9(6):1260-1269.
146. Mohajeri S, Perkins BA, Brubaker PL, Riddell MC. Diabetes, trekking and high altitude: recognizing and preparing for the risks. *Diabet Med.* 2015;32(11):1425-1437.
147. Dear Gde L, Pollock NW, Uguccioni DM, Dovenbarger J, Feinglos MN, Moon RE. Plasma glucose responses in recreational divers with insulin-requiring diabetes. *Undersea Hyperb Med.* 2004;31(3):291-301.
148. Jendle JH, Adolfsson P, Pollock NW. Recreational diving in persons with type 1 and type 2 diabetes: Advancing capabilities and recommendations. *Diving and hyperbaric medicine*. 2020;50(2):135-143.
149. Jendle J, Adolfsson P. Continuous Glucose Monitoring Diving and Diabetes: An Update of the Swedish Recommendations. *J Diabetes Sci Technol.* 2020;14(1):170-173.
150. Pollock NW, Uguccioni DM, Dear Gde L. Diabetes and recreational diving: guidelines for the future. Proceedings of the UHMS/DAN 2005 June 19 Workshop. 2005; https://dan.org/health-medicine/health-resource/health-safety-guidelines/guidelines-for-diabetes-and-recreational-diving/, 2022.
151. Galassetti P, Tate D, Neill RA, Morrey S, Wasserman DH, Davis SN. Effect of antecedent hypoglycemia on counterregulatory responses to subsequent euglycemic exercise in type 1 diabetes. *Diabetes.* 2003;52(7):1761-1769.
152. Hasan I, Chowdhury A, Haque MI, Patterson CC. Changes in glycated hemoglobin, diabetes knowledge, quality of life, and anxiety in children and adolescents with type 1 diabetes attending summer camps: A systematic review and meta-analysis. *Pediatr Diabetes.* 2021;22(2):124-131.
153. American Diabetes A. Diabetes management at camps for children with diabetes. *Diabetes Care.* 2012;35 Suppl 1:S72-75.
154. Tsadik AG, Gidey MT, Assefa BT, et al. Insulin injection practices among youngsters with diabetes in Tikur Anbesa Specialized Hospital, Ethiopia. *J Diabetes Metab Disord.* 2020;19(2):805-812.
155. Dejkhamron P, Santiprabhob J, Likitmaskul S, et al. Type 1 diabetes management and outcomes: A multicenter study in Thailand. *J Diabetes Investig.* 2021;12(4):516-526.
156. Amutha A, Praveen PA, Hockett CW, et al. Treatment regimens and glycosylated hemoglobin levels in youth with Type 1 and Type 2 diabetes: Data from SEARCH (United States) and YDR (India) registries. *Pediatr Diabetes.* 2021;22(1):31-39.
157. Klatman EL, McKee M, Ogle GD. Documenting and visualising progress towards Universal Health Coverage of insulin and blood glucose test strips for people with diabetes. *Diabetes research and clinical practice.* 2019;157:107859.
158. 1Smith D, Connacher A, Newton R, Thompson C. *Exercise and Sport in Diabetes.* 2nd Edition ed: Wiley; 2006.
159. DiMeglio LA, Acerini CL, Codner E, et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Glycemic control targets and glucose monitoring for children, adolescents, and young adults with diabetes. *Pediatr Diabetes.* 2018;19(Suppl 27):105-114.
160. Diabetes Canada Clinical Practice Guidelines Expert C, Sigal RJ, Armstrong MJ, et al. Physical Activity and Diabetes. *Can J Diabetes.* 2018;42 Suppl 1:S54-S63.
161. DiMeglio LA, Acerini CL, Codner E, et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Glycemic control targets and glucose monitoring for children, adolescents, and young adults with diabetes. *Pediatr Diabetes.* 2018;19 Suppl 27:105-114.
162. Adolfsson P, Riddell MC, Taplin CE, et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Exercise in children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes.* 2018;19 Suppl 27:205-226.
163. Skrede T, Steene-Johannessen J, Anderssen SA, Resaland GK, Ekelund U. The prospective association between objectively measured sedentary time, moderate-to-vigorous physical activity and cardiometabolic risk factors in youth: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev.* 2019;20(1):55-74.
164. Ekelund U, Luan J, Sherar LB, et al. Moderate to vigorous physical activity and sedentary time and cardiometabolic risk factors in children and adolescents. *JAMA.* 2012;307(7):704-712.
165. Verswijveren S, Lamb KE, Bell LA, Timperio A, Salmon J, Ridgers ND. Associations between activity patterns and cardio-metabolic risk factors in children and adolescents: A systematic review. *PLoS One.* 2018;13(8):e0201947.
166. Hay J, Wittmeier K, MacIntosh A, et al. Physical activity intensity and type 2 diabetes risk in overweight youth: a randomized trial. *Int J Obes (Lond).*

2016;40(4):607-614.
167. Davis CL, Pollock NK, Waller JL, et al. Exercise dose and diabetes risk in overweight and obese children: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2012;308(11):1103-1112.
168. Ingul CB, Dias KA, Tjonna AE, et al. Effect of High Intensity Interval Training on Cardiac Function in Children with Obesity: A Randomised Controlled Trial. *Prog Cardiovasc Dis.* 2018;61(2):214-221.
169. Dias KA, Ingul CB, Tjonna AE, et al. Effect of High-Intensity Interval Training on Fitness, Fat Mass and Cardiometabolic Biomarkers in Children with Obesity: A Randomised Controlled Trial. *Sports Med.* 2018;48(3):733-746.
170. McPhee PG, Singh S, Morrison KM. Childhood Obesity and Cardiovascular Disease Risk: Working Toward Solutions. *Can J Cardiol.* 2020;36(9):1352-1361.
171. Torrance B, McGuire KA, Lewanczuk R, McGavock J. Overweight, physical activity and high blood pressure in children: a review of the literature. *Vasc Health Risk Manag.* 2007;3(1):139-149.
172. Wittekind SG, Edwards NM, Khoury PR, et al. Association of Habitual Physical Activity With Cardiovascular Risk Factors and Target Organ Damage in Adolescents and Young Adults. *J Phys Act Health.* 2018;15(3):176-182.
173. Cardel MI, Atkinson MA, Taveras EM, Holm JC, Kelly AS. Obesity Treatment Among Adolescents: A Review of Current Evidence and Future Directions. *JAMA Pediatr.* 2020;174(6):609-617.
174. Reinehr T. Lifestyle intervention in childhood obesity: changes and challenges. *Nat Rev Endocrinol.* 2013;9(10):607-614.
175. Cardel MI, Atkinson MA, Taveras EM, Holm JC, Kelly AS. Obesity Treatment Among Adolescents: A Review of Current Evidence and Future Directions. *JAMA Pediatr.* 2020.
176. McGavock J, Wicklow B, Dart AB. Type 2 diabetes in youth is a disease of poverty. *Lancet.* 2017;390(10105):1829.
177. Protudjer JL, Dumontet J, McGavock JM. My voice: a grounded theory analysis of the lived experience of type 2 diabetes in adolescence. *Can J Diabetes.* 2014;38(4):229-236.
178. Gardner R, Feely A, Layte R, Williams J, McGavock J. Adverse childhood experiences are associated with an increased risk of obesity in early adolescence: a population-based prospective cohort study. *Pediatr Res.* 2019;86(4):522-528.
179. Hagger MS, Panetta G, Leung CM, et al. Chronic inhibition, self-control and eating behavior: test of a 'resource depletion' model. *PLoS One.* 2013;8(10):e76888.
180. Vohs KD, Baumeister RF, Schmeichel BJ, Twenge JM, Nelson NM, Tice DM. Making choices impairs subsequent self-control: a limited-resource account of decision making, self-regulation, and active initiative. *J Pers Soc Psychol.* 2008;94(5):883-898.
181. Sheinbein DH, Stein RI, Hayes JF, et al. Factors associated with depression and anxiety symptoms among children seeking treatment for obesity: A social-ecological approach. *Pediatr Obes.* 2019;14(8):e12518.
182. Vila G, Zipper E, Dabbas M, et al. Mental disorders in obese children and adolescents. *Psychosom Med.* 2004;66(3):387-394.
183. Lu Y, Pearce A, Li L. Distinct patterns of socio-economic disparities in child-to-adolescent BMI trajectories across UK ethnic groups: A prospective longitudinal study. *Pediatr Obes.* 2020;15(4):e12598.
184. Gardner R, Feely A, Layte R, Williams J, McGavock J. Adverse childhood experiences are associated with an increased risk of obesity in early adolescence: a population-based prospective cohort study. *Pediatr Res.* 2019;86(4):522-528.
185. Sellers EAC, McLeod L, Prior HJ, Dragan R, Wicklow BA, Ruth C. Mental health comorbidity is common in children with type 2 diabetes. *Pediatr Diabetes.* 2022.
186. McVoy M, Hardin H, Fulchiero E, et al. Mental health comorbidity and youth onset type 2 diabetes: A systematic review of the literature. *Int J Psychiatry Med.* 2022:912174211067335.
187. McGavock J, Chauhan BF, Rabbani R, et al. Layperson-Led vs Professional-Led Behavioral Interventions for Weight Loss in Pediatric Obesity: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Netw Open.* 2020;3(7):e2010364.
188. Force USPST, Grossman DC, Bibbins-Domingo K, et al. Screening for Obesity in Children and Adolescents: US Preventive Services Task Force Recommendation Statement. *JAMA.* 2017;317(23):2417-2426.
189. O'Connor EA, Evans CV, Burda BU, Walsh ES, Eder M, Lozano P. Screening for Obesity and Intervention for Weight Management in Children and Adolescents: Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force. *JAMA.* 2017;317(23):2427-2444.
190. DeBar LL, Stevens VJ, Perrin N, et al. A primary care-based, multicomponent lifestyle intervention for overweight adolescent females. *Pediatrics.* 2012;129(3):e611-620.
191. Savoye M, Shaw M, Dziura J, et al. Effects of a weight management program on body composition and metabolic parameters in overweight children: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2007;297(24):2697-2704.
192. Savoye M, Shaw M, Dziura J, et al. Effects of a weight management program on body composition and metabolic parameters in overweight children: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2007;297:2697-2704.
193. Group TS. Design of a family-based lifestyle intervention for youth with type 2 diabetes: the TODAY study. *Int J Obes (Lond).* 2010;34(2):217-226.
194. Kaar JL, Schmiege SJ, Drews K, et al. Evaluation of the longitudinal change in health behavior profiles across treatment groups in the TODAY clinical trial. *Pediatr Diabetes.* 2020;21(2):224-232.
195. McTavish L, Wiltshire E. Effective treatment of hypoglycemia in children with type 1 diabetes: a randomized controlled clinical trial. *Pediatr Diabetes.* 2011;12(4 Pt 2):381-387.
196. Wagenmakers AJ, Brouns F, Saris WH, Halliday D. Oxidation rates of orally ingested carbohydrates during prolonged exercise in men. *J Appl Physiol (1985).* 1993;75(6):2774-2780.