

Effekten av fysisk aktivitet i matematikundervisningen

A Balan & J Green

Sammanfattning

Syftet med denna studie är att få en bättre förståelse för hur fysisk aktivitet kan användas i skolan för att skapa mer gynnsamma förutsättningar för elevernas lärande i matematik. I studien har det undersökts om det finns en effekt av fysisk aktivitet på lång sikt på elevernas koncentration, arbetsminne och kunskaper i matematik av ett återkommande kort pass med fysisk aktivitet. Studien genomfördes med 175 elever i årskurs 7 på fyra olika skolor. Ett inledande pass på sju minuter med pulshöjande övningar introducerades i fem av tio grupper i början på matematiklektionen. Resultaten visar en förbättring av elevernas koncentration och arbetsminne i interventionsgruppen i förhållande till kontrollgruppen. Elever med olika kön och prestationsnivå påverkas på samma sätt av den fysiska aktiviteten. Det finns inte heller någon skillnad i hur elever som kommer från olika skolkontext påverkas av den fysiska aktiviteten.

Nyckelord: fysisk aktivitet, kognitiva funktioner, matematikkunskaper



Andreia Balan arbetar med utvecklingsprojekt och praktisknära forskning i Helsingborgs stad. Hennes intresseområden är feed-back, bedömning, matematikutveckling och motivation.



Jenny Green undervisar på lärarutbildningarna vid Högskolan Kristianstad. Hon är även doktorand vid Göteborgs universitet med inriktning mot yngre elevers lärande i matematik.

A Balan & J Green

Abstract

The purpose of this study is to gain a better understanding of how physical activity can be used in school to create more favorable conditions for students' learning in mathematics. The study investigated the effect of physical activity in the long term on the students' concentration, working memory and knowledge of mathematics via recurring short activity of physical activity. The study was conducted with 175 grade 7 students from four different schools. An initial task of seven minutes of pulse-raising exercises was introduced in five of the groups at the beginning of the mathematics lesson. The results show an improvement in the students' concentration and working memory in the intervention group compared to the control group. There was no significant difference between gender or ability, all were similarly affected by the physical activity. Students from different school environments are also affected by the physical activity in the same way.

Keywords: Physical activity, Executive functions, Mathematical knowledge

Introduktion

Bakgrund

Fysisk aktivitet har i olika studier visat sig ha en positiv påverkan på hjärnans kognitiva funktioner (Burrows, Correa-Burrows, Orellana, Almagia, Lizana & Ivanovic, 2014; Mura, Vellante, Nardi, Machado & Carta, 2015; Rasberry, Lee, Robin, Laris, Russell, Coyle, & Nihiser, 2011; Sibley & Etnier, 2003; Tomporowski, Davis, Miller, & Naglieri, 2008; Trudeau & Shephard, 2008). Mer specifikt har den fysiska aktiviteten gett positiva effekter på koncentrationsförmågan och arbetsminnet hos barn och ungdomar i skolåldern (Best, 2010; de Greeff, Bosker, Oosterlaan, Visscher, & Hartman, 2017; Hillman, Castelli & Buck, 2005; Taras, 2005; Webster, Vazou & Goh, 2015). Både koncentrationsförmåga och arbetsminne är särskilt viktiga för att elever ska prestera bättre i skolan (Klingberg, 2016). Elever med lågt arbetsminne har svårigheter med att förstå instruktioner, följa och bearbeta dem, arbeta med problemlösning samt göra sammanfattningar (Dahlin, 2013). Förbättrad uppmärksamhet och förbättrat arbetsminne kan alltså ha positiva effekter på elevernas kunskapsutveckling och lärande.

Elevvariabler

Det finns också studier där den fysiska aktiviteten *inte* visar på någon effekt alls eller endast hos vissa elever. I en studie med över tusen elever, som pågick under åtta månader, infördes 165 minuter fysisk aktivitet i veckan under lektionstid och raster. Detta gav positiva effekter på resultaten på nationella provet i matematik för svagpresterande elever, men inte för de övriga eleverna (Resaland, Aadland, Moe, Aadland, Skrede, Stavnsbo, Suominen, Steene-Johannessen, Glosvik, Andersen, Kvalheim, Engelsrud, Andersen, Holme, Ommundsen, Kriemler, van Mechelen., McKay, Ekelund & Anderssen, 2016). I en annan studie ökades tiden för fysisk aktivitet med 180 minuter i veckan under två år för 228 elever i åldrarna 6 till 13. I studien registre-

rades inga positiva effekter på arbetsminnet eller på kunskaperna i matematik (Sjövall, Hertz & Klingberg, 2017). I en studie, där undervisningstiden för ämnet idrott och hälsa ökades med 60 till 90 minuter i veckan, noterades positiva effekter på nationella provet i matematik för flickor, men inte för pojkar (Käll, Malmgren, Olsson, Linden & Nilsson, 2015). I ytterligare en studie, där undervisningstiden ökades med 140 minuter i veckan, registrerades positiva effekter på pojkarnas totala skolresultat, men inte för flickor (Fritz, 2017).

Elevernas ålder visar sig också spela en viss roll för effekten av fysisk aktivitet. I en metaanalys från 2011, visar Fedewa och Ahn avtagande effekter på studieprestationer för barn i åldrarna 3 till 5, 6 till 8 och 9 till 12. I en annan metaanalys, visar Verburch, Königs, Scherder och Oosterlaan (2013) inga skillnader i effekten av fysisk aktivitet på koncentrationen hos elever i åldrarna 6 till 12, 13 till 17 eller 18 till 35. Bidzan-Bulma och Lipowska (2018) menar att ålder i detta sammanhang kan spela en viss roll, eftersom den biologiska utvecklingen är olika för flickor och pojkar i den prepubertala åldern. Det kan i sin tur leda till att de påverkas i olika hög grad av den fysiska aktiviteten, vilket alltså kan innebära olika effekter för pojkar och flickor i åldrarna 11 till 14 år.

Kön, ålder samt tidigare studieprestation är därmed variabler som kan påverka effekten av fysisk aktivitet på studieprestationer och kognitiva funktioner så som koncentration och arbetsminne. En ökning av den fysiska aktiviteten i skolan behöver alltså inte innebära samma resultat för alla elever. Det kan eventuellt vara mer effektivt att tillämpa en anpassning efter kön, ålder och studieprestation. Men eftersom forskningsresultaten inte är entydiga kan inga anpassningar genomföras i nuläget.

Fysisk aktivitet

När det gäller den fysiska aktiviteten har studier visat att just pulshöjande aktiviteter har en förbättrande effekt på hjärnans funktioner, som exempelvis koncentration och arbetsminne (Colcombe & Kramer, 2003; Hillman, Castelli & Buck, 2008; Ratey, 2013; Winter, Breitenstein, Mooren, Voelker, Fobker, Lechtermann, Krueger, Fromme, Korsukewitz, Floel & Knecht, 2007). I de studier som har nämnts tidigare, och som har genomförts i skolmiljö, har fokus varit på ökad fysisk aktivitet och inte på att elever ska uppnå en viss pulsnivå. Vissa studier har undersökt effekten av fysisk aktivitet genom att utöka undervisningstiden för idrott och hälsa (Fritz, 2017; Käll m.fl., 2015) medan andra genom att introducera ett fysiskt program under skoldagen (Lowden m.fl., 2001). Det som är problematiskt med dessa varianter är att en utökning av undervisningstiden för idrott och hälsa oftast innebär att undervisningstid tas från andra ämnen. Samtidigt kan ett extrapass med fysisk träning under skoldagen innebära längre skoldagar. Dessutom behöver extra idrottslektioner/pass inte innebära en pulshöjning för alla elever. Fler idrottslektioner uppskattas inte nödvändigtvis av alla elever och idrottslektioner med ombyte är tidskrävande.

Dessa utmaningar har bemötts i andra studier som har integrerat den fysiska aktiviteten i undervisningen. Fysisk aktivitet kan exempelvis ske i klassrummet i början av lektionen eller som ett avbrott under en lektion. Studier har visat att ett upplägg

med korta inslag av fysisk aktivitet under, eller i anslutning till, lektionen kan ge positiva effekter på elevernas koncentration, klassrumsbeteende och prestationer i matematik (Lowden, Powney, Davidson & James, 2001; Mahar, Murphy, Rowe, Golden, Shields & Raedeke, 2006; Norlander, Moas, & Archer, 2005; Maeda & Randall, 2003). Längden av den fysiska aktiviteten under lektionstid kan också variera.

I en studie med elever i årskurs 3 och 4, har 10 minuters fysisk aktivitet på lektionstid minskat elevernas "off-task" beteende under en 12 veckors intervention (Mahar m.fl., 2006) medan så lite som 4 minuters högintensiv träning har visat sig ge positiva effekter på koncentration och minskat "off-task" beteende hos 9- till 11-åringar (Ma, Le Mare & Gurd, 2014). "Off-task" beteende avser här när elever sysslar med, eller pratar om, något annat än vad som är tänkt under lektionstid. Med andra ord handlar det om att inte följa det som är bestämt i klassrummet eller bryta mot de regler/normer som finns. Ma, Le Mare och Gurd (2014) och Mahar med flera (2006) visar dessutom att initialt off-task beteende har en prediktionsfaktor för effekten av fysisk aktivitet på koncentration. Elever med högt off-task beteende förbättrar sin koncentration mer än de som har lågt initialt off-task beteende. De som oftast har off-task beteende är lågpresterande elever (McClelland, Pitt & Stein, 2014), samt elever med låg socioekonomisk bakgrund (Tine & Butler, 2012). Dessa är också oftast lågpresterande elever. I andra studier har elever efter 5 minuters fysisk träning presterat bättre på problemlösning i matematik (Molloy, 1989), medan elever i årskurs 2 uppvisat bättre koncentration och procedurtillämpning i matematik efter att ha joggat 5 minuter före lektionen (Maeda & Randall, 2003).

Effekter på kort och långsikt

Fysisk aktivitet integrerad i undervisningen visar sig ge olika typer av effekter på kort respektive lång sikt. De Geeff med flera (2017) visar i deras metaanalys att det finns en svag till medelpositiv effekt på koncentration, men inget på arbetsminne efter ett pass med fysisk aktivitet (så kallad akut fysisk aktivitet). Longitudinella studier visar å andra sidan en svag till medelpositiv effekt på arbetsminne, men ingen signifikant effekt på koncentration. När det gäller skolprestationer finns det en signifikant effekt på den totala studieprestationen på lång sikt, men däremot inga signifikanta effekter i specifika ämnen som matematik, läsning och skrivning.

Forskarna förklarar den kortsiktiga effekten med att den fysiska aktiviteten ökar välbefinnandet samt produktionen av neurotransmittorer, som ökar aktiviteten i hjärnan. På lång sikt leder den fysiska aktiviteten till en förstärkning av hjärnans delar som stödjer minnet och lärande, vilket ökar den kognitiva prestationen.

Effekten på studieprestationer visar sig inte bara vara beroende av längden på interventionen utan också av valet av mätinstrument (Watson m.fl., 2017). När generella tester används för att mäta studieprestationen, registreras vanligen ingen effekt såvida inte studien pågått i mer än ett år. Tester som mer specifikt mäter kunskapsutvecklingen av det innehåll som har undervisats under interventionstiden, kan dock visa effekter redan efter 4 veckor. Denna skillnad beror troligtvis på att mer generella tester inte fångar upp de förändringar som sker under kortare interventioner. Vid

längre interventioner som behandlar en större mängd stoff i ett skolämnen kan generella tester vara mer lämpliga för att fånga upp kunskapsutvecklingen.

Sammanfattningsvis visar studier att fysisk aktivitet och särskilt pulshöjande aktiviteter kan vara bra för elevernas lärande i matematik, eftersom det påverkar deras koncentration, arbetsminne och klassrumsbeteende. Korta träningspass räcker dessutom till för att få signifikanta effekter på elevernas prestationer, vilket underlättar användningen av fysisk aktivitet i skolsammanhang. Det som är mindre tydligt är längden av fysisk aktivitet som integrerad i undervisningen kan generera effekter på lång sikt. Det är inte heller tydligt vilka elevgrupper som har nytta av den fysiska aktiviteten på lång sikt eller i vilka skolkontexter detta sker.

Syfte och frågeställningar

Det finns, enligt ovan, några osäkerheter i frågan om användning av fysisk aktivitet som ett medel för att stödja elevernas lärandeprocesser i matematik. Om pulshöjande aktiviteter ska introduceras på skolschemat är det väsentligt att veta mer om hur fysisk aktivitet integrerad i undervisningen kan se ut och om vilka elever som har mest nytta av den fysiska aktiviteten. Det är dessutom väsentligt att undersöka om tidigare studieresultat håller sig i en svensk kontext där skolkultur och ämnesperspektiv spelar roll.

Syftet med studien är därmed att undersöka den långsiktiga effekten av pulshöjande aktiviteter integrerade i matematikundervisningen i skolor med olika elevunderlag med avseende på elevernas prestationer i matematik, koncentration och arbetsminne.

Mer specifikt vill studien få svar på frågorna:

- På vilket sätt påverkas elevernas koncentration, arbetsminne och prestationer i matematik på lång sikt av att ha pulshöjande aktiviteter i början på matematiklektionen?
- Hur ser detta samband ut för elever med olika kön och prestationsnivå?

Metod

För att besvara forskningsfrågorna har ett kvasiexperimentellt upplägg valts med kontroll- och interventionsgrupper. I interventionsgruppen ingick fem klasser från fyra olika skolor som undervisades av fem olika lärare.

Studiens upplägg var samma för alla interventionsgrupper. Alla matematiklektioner inleddes med sju minuter pulshöjande övningar under fem månader. Övningarna, samt ordningen i vilken dessa genomfördes, var samma för alla grupper. En förinspelad film användes vid alla tillfällen. För att öka variationen och motivationen byttes övningarna vid fyra tillfällen under interventionen och eleverna fick möjlighet att välja träningsmusik. Materialet skapades av en idrottslärare och spelades in med elever som inte ingick i studien.

För att övningarna skulle ha en pulshöjande effekt mättes elevernas puls med pul-

sarmband. I alla grupper kom eleverna upp i en puls mellan 130 och 157 slag per minut, vilket anses vara den rekommenderade nivån för medelintensitet som är cirka 70 procent av maxpulsen (Mattsson, Jansson & Hagströmer, 2016).

Deltagare

De deltagande eleverna ($n = 175$) fördelades i fem interventionsgrupper ($n = 90$) och fem kontrollgrupper ($n = 85$). Eleverna började årskurs 7, vilket innebär att de var mellan 12 och 13 år gamla. Eleverna gick på fyra olika skolor. I tabell 1 framgår skolornas nyckeltal¹. På Skola A fanns det två interventionsgrupper och två kontrollgrupper, som undervisades av två lärare. På skola B, C och D fanns en interventions- och en kontrollgrupp i vardera, som undervisades av en lärare på respektive skola.

Från tabell 1 framgår att skola A och C skiljer sig från skola B och D. Andelen föräldrar med eftergymnasial utbildning samt de genomsnittliga provpoängen på nationella provet i matematik för årskurs 6 är högre i skola A och C medan andelen elever med utländsk bakgrund är betydligt mindre än i skola B och D.

	Skola A	Skola B	Skola C	Skola D
Antal elever i studien	47	49	58	21
Antal elever i skolan totalt	<400	>400	>700	>400
Andel (%) elever med eftergymnasialt utbild föräldrar	>60	>40	>60	<40
Andel (%) elever med utländsk bakgrund	<10	<40	<10	>60
Genomsnittlig provpoäng på nationella provet i matematik åk6 läsåret 16/17	>13	>10	>13	<10

Tabell 1. Visar de deltagande skolornas nyckeltal hämtade från Skolverket

¹ Hämtade från www.skolverket.se

Tidigare har det konstaterats att bakgrundsfaktorer så som elevernas kön, ålder samt initial studieprestation kan påverka effekten av den fysiska aktiviteten. Fördelningen över hur dessa faktorer karakteriserar interventions- respektive kontrollgrupperna presenteras längre ner. Elevernas ålder är dock inte med i sammanställningen, eftersom alla elever i studien är mellan 12 och 13 år.

Studieprestationer

Elevernas studieprestationer anges här i andel elever med betyg A-B, C-D respektive E-F i matematik (tabell 2). Betygen representerar elevernas resultat i matematik i slutet på vårterminen 2017, vilket är en termin före interventionen. Från tabell 2 kan det konstateras att kontrollgruppen har en högre andel elever med betyg A-B och lägre andel elever med betyg C-D än interventionsgruppen medan andelen elever med betyg E-F är ungefär samma.

Ytterligare ett mått på elevernas studieprestation är av mer generell karaktär och representerar andelen elever med betyg A-E i alla ämnen i slutet av vårterminen 2017 (tabell 3). Från tabell 3 framgår det att kontrollgruppen har en högre andel elever med minst E i alla ämnen än interventionsgruppen.

	I	K
A-B	27,7	34,0
C-D	44,6	34,0
E-F	26,7	28,9

Tabell 2. Andel elever med betyg A-B, C-D respektive E-F (i procent) i matematik i slutet på vårterminen 2017 i interventionsgruppen I och kontrollgruppen K.

Grupp	Andel betyg A-E i alla ämnen
I	82
K	84

Tabell 3. Andel elever med betyg A-E i alla ämnen i interventionsgruppen I och kontrollgruppen K.

Kön

Fördelningen flickor/pojkar presenteras i tabell 4. Denna fördelning visar att det finns lite fler pojkar i interventionsgruppen än i kontrollgruppen.

A Balan & J Green

	I	K
Flickor	46,5	49,5
Pojkar	53,5	50,5

Tabell 4. Andelen flickor och pojkar i procent i interventionsgruppen I och kontrollgruppen K.

Data och datainsamling

Datainsamlingen genomfördes vid fyra olika tillfällen, före, under och efter studien med 4 till 5 veckors mellanrum. Tre instrument användes för att mäta elevernas koncentration, arbetsminne och prestationer i matematik: koncentrationstester, arbetsminnestester och kunskapstester i matematik.

Kunskapstesterna i matematik genomfördes digitalt och bestod av 12 uppgifter, som testade elevernas kunskaper i taluppfattning och algebra. Uppgifterna skapades till varje del i centrala innehållet för årskurs 7 som berör taluppfattning och algebra. De deltagande skolorna använde olika läromedel, där arbetsområdena kom i varierande ordning. Av den anledningen valdes taluppfattning och algebra, som en sorts gemensam nämnare för matematisk kunskap. I för- och eftertestet som genomfördes med fem månaders mellanrum användes samma uppgifter. Test 1 och Test 2, som genomfördes en respektive två månader efter starten, innehöll olika uppgifter men testade fortfarande samma matematiska innehåll. I tabell 5 nedan framgår testernas reliabilitet (Cronbachs alfa). Eftersom för- och eftertestet visar en låg reliabilitet (mindre än 0,65) kommer resultaten på kunskapstestet i matematik att användas med försiktighet för att dra några slutsatser om elevernas kunskapsutveckling.

Kunskapstest i matematik	För- och eftertest	Test 1	Test 2
Cronbachs alfa	0,54	0,70	0,64

Tabell 5. Cronbachs alfa för kunskapstesterna i matematik.

Koncentrationstestet är ett färgtest, ett så kallat "Stroop-test". Under testet fick elever se ett färgord, som exempelvis RÖD (skrivet med gröna bokstäver), och möjligheten att välja mellan två knappar: "röd" eller "grön". Enligt Johan Ridley Stroop (1897-1973), som utvecklade testet, tar det längre tid att säga vilket färg ett ord har än att läsa färgordet. Det gäller framförallt för blå, rött eller grön. Under en minut och trettio sekunder fick eleverna se nya färgord, där korrekt svar gav ett poäng medan fel svar gav

ett minuspoäng. Testet genomfördes digitalt och alla korrekta respektive inkorrekta svar registrerades. Resultatet på testet beräknades i form av noggrannhet i svaren enligt formeln: (korrekta svar – inkorrekta svar) / (korrekta svar + inkorrekta svar).

Arbetsminnestestet är ett "2-back-test", som härstammar från 1950-talet. Under testet får testtagaren se en sekvens av olika objekt och sedan välja det objekt som visades två steg tidigare i sekvensen. I detta fall användes geometriska objekt, som cirkel, triangel, kvadrat, pentagon och stjärna, vilka visades under en minut och trettio sekunder. Testet genomfördes digitalt och alla korrekta, inkorrekta respektive missade svar registrerades. Resultatet på testet beräknades i form av noggrannhet i svaren enligt formeln: (korrekta svar – inkorrekta svar – missade svar) / totalt antal.

Elevernas resultat på alla tester analyserades med deskriptiv statistik. Jämförelser mellan interventions- och kontrollgruppen genomfördes med ANCOVA. ANCOVA har valts för att kunna undersöka effekter som inte beror på initiala skillnader mellan grupperna samt för att kunna undersöka samspelseffekter mellan olika faktorer så som kön, intervention och prestationer. Utvecklingen över tid från förtest (T₀) till eftertest (T₃) genomfördes med flernivåregressionsanalys för att kunna ta hänsyn till både skillnader inom och mellan individer över tid.

Resultat

Elevernas koncentration

Elevernas koncentration, som mäts med Stroop-testet förbättrades i interventionsgruppen i jämförelse med kontrollgruppen (se tabell 6). ANCOVA visar en signifikant skillnad mellan grupperna när resultaten i eftertestet (T₃) jämfördes och hänsyn tagits till elevernas resultat i förtestet (T₀), $F(1, 123) = 4,31$, $p = 0,040$. Effekten uttryckt i eta-kvadrat ($\eta^2 = 0,034$) är låg till medelhög (Maher, Marker & Ebert-May, 2013). Tabell 6 presenterar medelvärde, standardavvikelse, samt antal elever för resultaten i koncentration vid eftertestet (T₃). Resultaten är justerade med avseende på resultaten vid förtest (T₀).

Grupp	Medelvärde	Antal elever
K	0,654 (0,356)	59
I	0,757* (0,353)	69

* = $p < .05$

Tabell 6. Koncentration för interventionsgruppen (I) och kontrollgruppen (K). Resultaten presenteras i form av medelvärde (noggrannhet i svar) och standardavvikelse (inom parentes) samt antal elever och visar en signifikant skillnad mellan grupperna, $p = 0,040$.

A Balan & J Green

För att undersöka om elever med olika betyg har påverkats olika i interventionsgruppen i jämförelse med kontrollgruppen har ANCOVA genomförts igen. Kombinationen interventions-/kontrollgrupp och tidigare betyg i matematik gav inga signifikanta skillnader för resultaten i koncentration, $F(2, 126) = 0,010$, $p = 0,99$. Diagram 1 visar resultaten för kontroll- och interventionsgruppen för elever med betyg A-B, C-D respektive E-F när dessa är justerade med avseende på resultaten vid T_0 . Diagrammet visar att elever med olika betyg har samma resultatprofil, det vill säga att linjerna är nästan parallella. Detta innebär att alla elever oavsett tidigare betyg har påverkats på samma sätt av den fysiska aktiviteten även om de befinner sig på olika koncentrationnivåer.

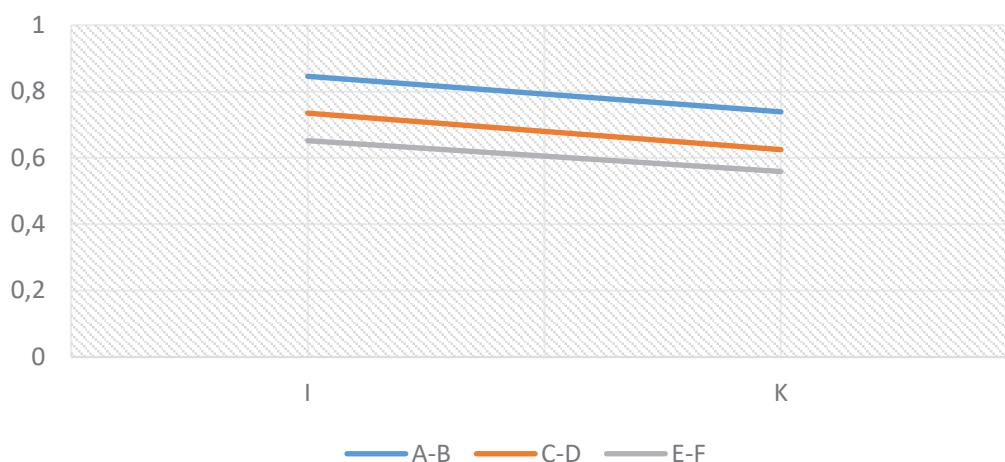


Diagram 1. Resultaten i koncentration vid eftertest (T_3) för interventionsgruppen (I) och kontrollgruppen (K) fördelat på elever med betyg A-B, C-D samt E-F. Resultaten är justerade med avseende på resultaten vid förtest (T_0). Resultaten visade inga signifikanta skillnader för i koncentration mellan grupperna utifrån tidigare betyg i matematik, $p = 0,99$.

ANCOVA visar inte heller att elevernas kön har någon betydelse för effekten av fysisk aktivitet på koncentrationen $F(1, 121) = 1,396$, $p = 0,24$.

Grupp	Flickor (F)	Pojkar (P)	Antal elever F/P
K	0,684 (0,322)	0,631 (0,380)	26/33
I	0,722 (0,343)	0,785 (0,365)	31/38

Tabell 7. Resultat i koncentration vid eftertest för pojkar respektive flickor i interventionsgruppen (I) och kontrollgruppen (K). Resultaten presenteras i form av medelvärde (noggrannhet i svar) och standardavvikelse (inom parantes) samt antal elever. Resultaten är justerade med avseende på resultaten vid förtest (T_0) och visar ingen skillnad i effekt utifrån kön, $p = 0,24$.

Skolkontextens betydelse för påverkan av fysisk aktivitet på koncentrationen har undersökts med ANCOVA. Kombinationen skolenhet och interventions-/kontrollgrupp gav inga signifikanta skillnader på koncentrationen vid eftertest $F(3, 117) = 0,012, p = 0,948$. Diagram 2 visar att skolprofilerna är likartade för de fyra skolorna när resultaten är justerade med avseende på resultaten i förtestet. Det behöver dock nämnas att antalet elever i Skola D som deltog i både för- och eftertestet var väldigt låg (13 av 21 elever).

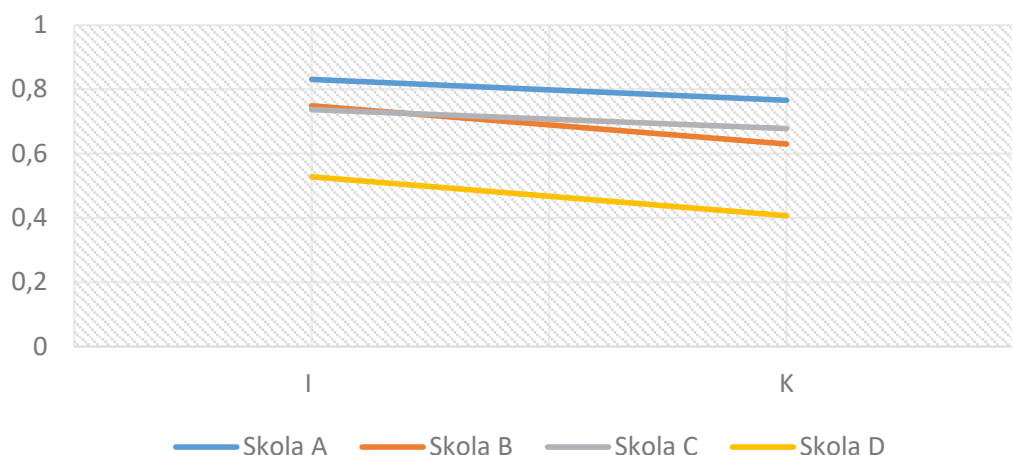


Diagram 2. Resultaten i koncentration vid eftertest (T_3) för interventionsgruppen (I) och kontrollgruppen (K) med avseende på skola A, B, C och D. Resultaten är justerade med avseende på resultaten vid förtest (T_0). Resultaten visade inga skillnader utifrån skolkontext, $p = 0,948$.

Flernivåregressionsanalys har använts för att undersöka koncentrationens utveckling över tid där hänsyn tas till alla fyra mätningar. En initial analys visar att variationen i resultaten på koncentrationstestet förklaras till 68 procent av skillnaden mellan individer. Detta innebär att resterande 32 procent förklaras av andra variabler som exempelvis skillnaden inom individer som kan bero på dagsform eller motivation. När tiden läggs in som en fix variabel visar resultaten att koncentrationen ökar med 0,08 för varje tidsenhet. När sedan gruppstillhörighet läggs in i modellen visar resultaten en signifikant skillnad mellan grupperna med avseende på tid ($p = 0,047$). Diagram 3 visar regressionslinjer för I och K som representerar utvecklingen från T_0 till T_3 där hänsyn tas till variationen mellan individerna. Linjernas ekvationer beskrivs med formeln: $Y_{\text{grupp}}(\text{tid}) = 0,45 - 0,08(\text{grupp}) + 0,06(\text{tid}) + 0,02(\text{grupp}) * (\text{tid})$. Linjerna indikerar en ökning i båda grupperna med skillnaden att ökningen sker i snabbare takt i interventionsgruppen än kontrollgruppen.

Sammanfattningsvis visar resultaten att pulshöjande övningar förbättrar elevernas koncentration på lång sikt. Effekten är svag till medelhög, men ändå signifikant. Det finns inte några skillnader i hur koncentrationen påverkas för olika kategorier av elever när variabler som kön och prestationsnivå undersökts. Det finns inte heller några skillnader i utvecklingen av koncentrationen för elever med olika skolkontext.

A Balan & J Green

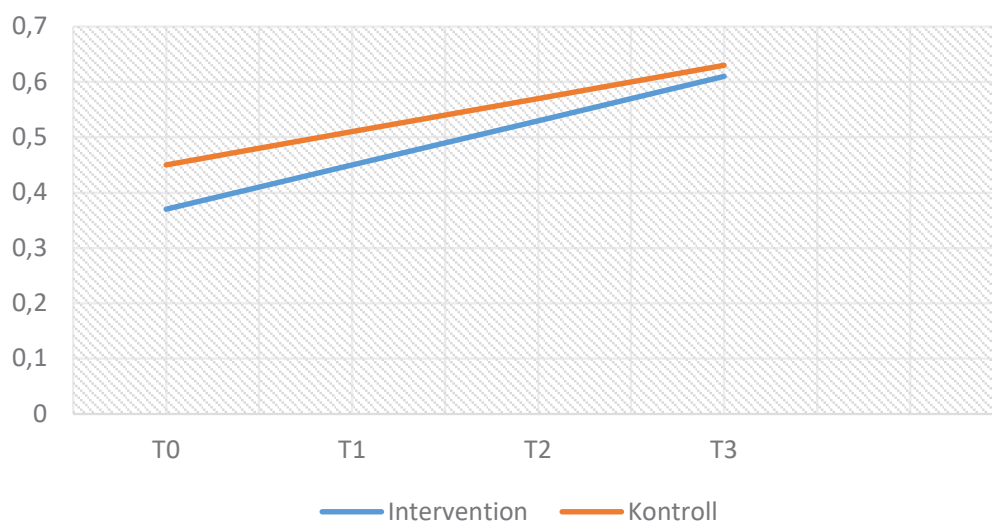


Diagram 3. Regressionslinjer för resultaten i koncentration från T₀ till T₃ för interventions- och kontrollgruppen. Resultaten visar en signifikant skillnad mellan grupperna med avseende på tid, $p = 0,047$, med skillnaden att ökningen sker i snabbare takt i interventionsgruppen än kontrollgruppen.

Arbetsminne

Elevernas arbetsminne, som mäts med 2-back-test, förbättrades i interventionsgruppen i jämförelse med kontrollgruppen (se tabell 8). ANCOVA visar en svag signifikant skillnad $F(1, 123) = 3,90$, $p = 0,05$ för resultaten i eftertestet när dessa är justerade utifrån resultaten vid T₀. Effekten uttryckt i eta-kvadrat ($\eta^2 = 0,031$) är låg till medel (Maher, Marker & Ebert-May, 2013).

Grupp	Medelvärde	Antal elever
K	0,845 (0,120)	59
I	0,880* (0,134)	69

* = $p < .05$

Tabell 8. Resultaten i arbetsminne för interventionsgruppen (I) och kontrollgruppen (K). Resultaten presenteras i form av medelvärde (noggrannhet i svar) och standardavvikelse (inom parentes) samt antal elever. Resultaten är justerade med avseende på resultaten vid förtest (T₀) och visar en svagt signifikant förbättring i interventionsgruppen jämfört med kontrollgruppen, $p = 0,05$.

Jämförelser mellan flickor och pojkar visar inga skillnader när det gäller förändringar i arbetsminnet (se tabell 9). ANCOVA visar att elevernas kön inte har någon betydelse

för effekten av fysisk aktivitet på arbetsminnet när resultatet i eftertestet jämfördes $F(1, 121) = 1,11, p = 0,294$.

Samma sak gäller för elevernas tidigare prestationer. ANCOVA visar inga signifikanta skillnader mellan interventions- och kontrollgrupp med avseende på elevernas tidigare betyg (se diagram 4).

Grupp	Flickor (F)	Pojkar (P)	Antal elever F/P
K	0,840 (0,020)	0,848 (0,017)	26/33
I	0,895 (0,018)	0,867 (0,016)	31/38

Tabell 9. Resultat i arbetsminne vid eftertest för pojkar respektive flickor i interventionsgruppen (I) och kontrollgruppen (K). Resultaten presenteras i form av medelvärde (noggrannhet i svar) justerat med avseende på standardavvikelse (inom parentes) samt antal elever. Resultaten är justerade med avseende på resultaten vid förtest (T_0). Resultaten visar ingen skillnad utifrån kön, $p = 0,294$.

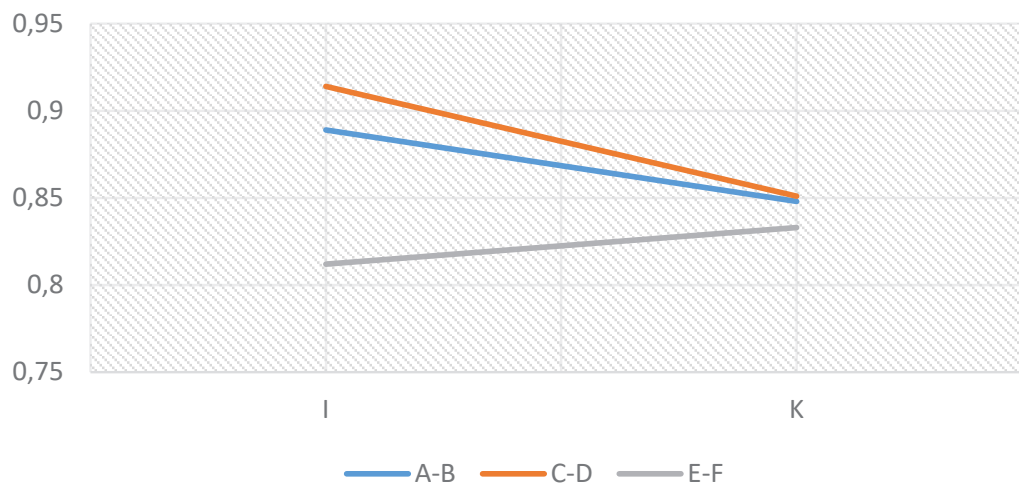


Diagram 4. Resultaten i arbetsminne vid eftertest (T_3) för interventionsgruppen (I) och kontrollgruppen (K) fördelat på elever med betyg A-B, C-D samt E-F. Resultaten är justerade med avseende på resultaten vid förtest (T_0) och visar ingen skillnad utifrån tidigare betyg.

Undersökningen av skolkontextens betydelse för påverkan av fysisk aktivitet på arbetsminnet visar ungefär samma mönster som i koncentrationens fall. ANCOVA visar att kombinationen skolenhet och interventions-/kontrollgrupp inte gav några signifikanta skillnader på arbetsminne vid eftertest $F(3, 117) = 0,813, p = 0,489$. Diagram 5

A Balan & J Green

visar att skolprofilerna är likartade för tre av skolorna när resultaten är justerade med avseende på resultaten i förtestet. Skola D har däremot en annan profil. På skola D har enbart 13 av 21 elever (7 elever i K och 6 elever i I) deltagit i både för- och eftertestet. Detta innebär att enskilda elever har haft stor påverkan på genomsnittet, vilket kan förklara den avvikande trenden.

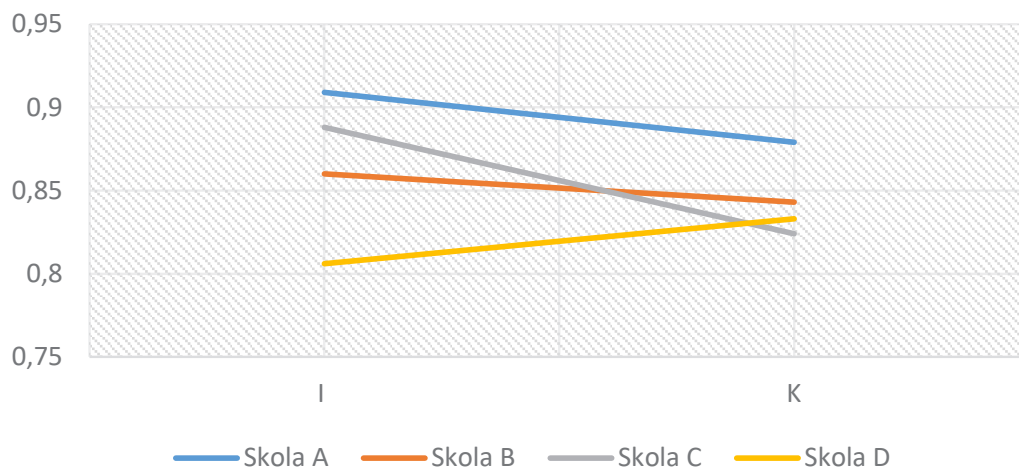


Diagram 5. Resultaten i arbetsminne vid eftertest (T₃) för interventionsgruppen (I) och kontrollgruppen (K) med avseende på skola A, B, C och D. Resultaten är justerade med avseende på resultaten vid förtest (T₀). Kombinationen skolenhet och intervention-/kontrollgrupp gav inte några signifikanta skillnader på arbetsminne vid eftertest, $p = 0,489$.

Med hjälp av flernivåregressionsanalys har utvecklingen av arbetsminnet undersökts från T₀ till T₃ genom att använda alla fyra mätningar. En initial analys visar att variationen i resultaten på arbetsminnestestet förklaras till 51 procent av skillnaden mellan individer. När tiden läggs in som en variabel visar analyser att arbetsminnet förändras efter en parabel och inte enbart en linje. Detta innebär att arbetsminnet ökar med 0,1 för varje tidsenhet samtidigt som den minskar med $0,02 \cdot (\text{tidsenheten})^2$. Regressionskurvorna som visas i diagram 6 är alltså en del av en parabel som indikerar att kurvorna uppnår sitt maximala värde. Detta betyder att båda grupperna drabbas av takeffekter när de uppnår en noggrannhet på 87 procent i mätningen av arbetsminnet. När gruppstillhörigheten läggs in i modellen visar resultaten en signifikant skillnad mellan grupperna med avseende på tid ($p < 0,001$). Regressionskurvorna beskrivs enligt modellen: $Y(\text{tid}) = 0,75 - 0,036(\text{grupp}) + 0,1(\text{tid}) - 0,02(\text{tid})^2 + 0,16(\text{grupp}) \cdot (\text{tid}) - 0,13(\text{grupp}) \cdot (\text{tid})^2 + 0,03(\text{grupp}) \cdot (\text{tid})^3$ och visas grafiskt i diagram 6. I denna modell har hänsyn tagits till både skillnaden inom och mellan individer. Det signifikanta värdet för kombinationen *tid och grupp* visar att interventionsgruppen har haft en mer positiv utveckling från T₀ till T₃ även om denna skillnad är liten. Det som dessutom framgår i diagram 6 är att resultatutvecklingen förmodligen har drabbats av takeffekter i båda grupperna.

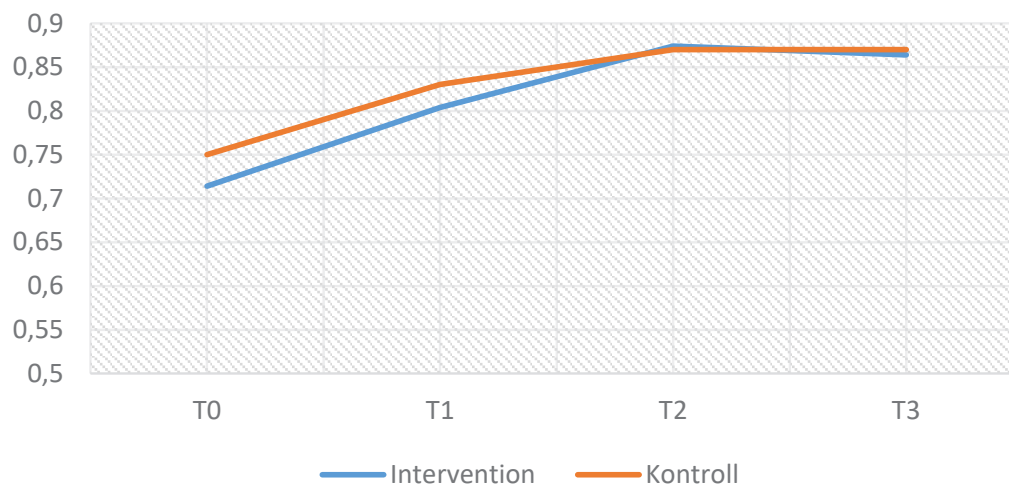


Diagram 6. Regressionslinjer för resultaten i arbetsminne från T₀ till T₃ för interventions- och kontrollgruppen. När grupp tillhörigheten läggs in i modellen visar resultaten en signifikant skillnad mellan grupperna med avseende på tid, $p < 0,001$, där interventionsgruppen har haft en mer positiv utveckling från T₀ till T₃ även om denna skillnad är liten. Det som dessutom framgår är att resultatutvecklingen förmodligen har drabbats av takeffekter i båda grupperna.

Sammanfattningsvis bekräftas antagandet att arbetsminnet påverkas positivt på lång sikt av den fysiska aktiviteten även om effekten är liten. Denna påverkan skiljer sig inte för pojkar/flickor eller låg-/högpåstående elever. Det finns inte heller någon skillnad i hur arbetsminnet påverkas för elever med olika skolkontext. Takeffekter kan ha försvårat att få fram en positiv påverkan på arbetsminnet.

Matematikkunskaper

En undersökning av elevernas resultat på matematiktestet med ANCOVA visar inga signifikanta skillnader mellan interventions- och kontrollgrupp vid T₃ när resultaten är justerade med avseende på elevernas prestation vid T₀. Analyser visar inte heller några skillnader i effekt mellan I och K när hänsyn tas till elevernas kön eller tidigare betyg i matematik.

Tabell 10 visar medelvärde och standardavvikelse för alla matematiktester från T₀ till T₃. Enligt tabellen presterade K bättre än I i både förtestet och eftertestet. Skillnaden är dock mindre i eftertestet. Resultaten vid T₁ är också bättre i K än i I medan resultaten vid T₂ är samma för båda grupperna.

De tre matematiktesterna som användes i studien visade olika värde för reliabiliteten (Cronbachs alfa). Från tabell 10 kan vi dessutom se att testet som genomfördes vid T₁ verkade vara lättare än de andra testerna, trots att testerna skapades för att mäta samma kunskaper. En flernivåregressionsanalys har därför inte genomförts, eftersom det kunde ha gett missvisande resultat.

Grupp	T0	T1	T2	T3
K	0,42 (0,17)	0,60(0,24)	0,49 (0,23)	0,54 (0,19)
Antal elever K	78	82	78	83
I	0,38 (0,15)	0,57(0,21)	0,49 (0,22)	0,50 (0,17)
Antal elever I	94	88	75	81

Tabell 10. Resultaten i matematik för interventionsgruppen (I) och kontrollgruppen (K) från T₀ till T₃. Resultaten presenteras i form av medelvärde (andel rätt svar) och standardavvikelse (inom parentes) samt antal elever. Enligt tabellen presterade K bättre än I i både förtestet och eftertestet. Skillnaden är dock mindre i eftertestet. Resultaten vid T₁ är också bättre i K än i I medan resultaten vid T₂ är samma för båda grupperna.

Sammanfattningsvis visar resultaten ingen effekt på elevernas kunskaper i matematik. Avsaknaden av effekt är troligtvis mättningsrelaterat. En mer detaljerad diskussion om detta förs i nästa avsnitt.

Diskussion

Den här studien hade för avsikt att undersöka om elevernas koncentration, arbetsminne samt prestationer i matematik påverkas på lång sikt av pulshöjande aktiviteter som genomförs sju minuter i början på matematiklektionen. Resultaten visar att det finns en låg till medelhög positiv påverkan på koncentration och arbetsminne men ingen påverkan på elevernas matematikkunskaper. Resultaten indikerar också att elevernas kön och prestationsnivå inte påverkar effekten av fysiskt aktivitet. Resultaten är inte heller beroende av elevernas skolkontext. Nedan följer en diskussion om dessa resultat.

Koncentration

Tidigare metaanalyser har visat att medel- till högintensiv fysisk aktivitet som sker under skoldagen, antingen på raster eller integrerad i undervisningen, kan ha positiva effekter på elevernas koncentration framför allt på kort sikt (de Greeff m.fl., 2017; Webster, Vazou & Goh, 2015). Resultaten i denna studie visar samtidigt att så lite som sju minuter pulshöjande övningar i början på matematiklektionen, 2 till 3 gånger i veckan under 5 månader, kan ha långsiktiga effekter på koncentrationen. Resultaten från studien visar att både kontroll- och interventionsgruppen ökar i koncentration över alla fyra mättillfällen. Ökningen i interventionsgruppen sker dock i snabbare takt. För kontrollgruppens del kan ökningen eventuellt bero på att eleverna med tiden har blivit mer bekanta med principerna bakom koncentrationstestet. För interventionsgruppens del kan den långsiktiga effekten även bero på att den fysiska aktiviteten ger en annan struktur åt starten på matematiklektionen. Eleverna får möjlighet

att skaka av sig rastlöshet och andra tankar och kan efter det fokusera på uppgiften. Samtidigt är det värt att notera att effekterna på koncentration inte är stora.

Genomförda metaanalyser som undersöker fysisk aktivitet integrerad i klassrummet visar inte några skillnader mellan flickor och pojkar beträffande effekten på koncentration (Watson, Timperio, Brown, Best & Hesket, 2017; Webster, Vazou & Goh, 2015). Detta bekräftar i denna studie, som inte visar några signifikanta skillnader mellan kön. Elevernas prestationsnivå, som i denna studie utgick ifrån deras tidigare betyg i matematik, verkar inte heller spela någon roll för effekten av fysisk aktivitet på koncentrationen. Både låg- och högpresterande elever visar samma mönster, även om de befinner sig på lägre respektive högre koncentrationsnivåer. Detta är något som tidigare metaanalyser inte har uppmärksammat men som är väsentligt för praktiken. Skolans vardag är fylld av många utmaningar och alla detaljer kring effekten av fysisk aktivitet underlättar för en *effektiv* tillämpning i undervisningen.

Resultaten i denna studie visar dessutom att elever som kommer från olika skolkontext där det finns skillnader i socioekonomisk bakgrund, skolstorlek samt resultat på nationella prov visar samma mönster när det gäller effekten av fysisk aktivitet på koncentrationen. Det som däremot försvårar några långtgående slutsatser är det låga antalet elever som deltog i studien. När grupperna dessutom delas upp i underkategorier blir antalet ännu lägre, vilket försvårar möjligheten att få några statistiskt signifikanta skillnader. Detta gäller både när eleverna fördelas efter skolkontext, prestationsnivå eller kön.

Arbetsminne

Ett väl fungerande arbetsminne är en viktig förutsättning för lärande, särskilt när det gäller kunskaper av mer komplex karaktär (Klingberg, 2016). Om fysisk aktivitet integrerad i undervisningen kan bidra till ett ökat arbetsminne skulle det vara en stor vinst för alla elever. Resultaten i den aktuella studien visar att korta pass av intensiv träning kan ge effekter på arbetsminnet, vilket inte alltid har varit fallet i tidigare studier med liknande format (U.S. Department of Health and Human Services, 2010). Effektstorleken är låg, men samtidigt behöver den ses i ljuset av att grupperna har drabbats av takeffekter, vilket eventuellt döljer en utvecklingspotential. En nyligen genomförd metaanalys visar att longitudinella studier med elever i 6 till 12 års ålder uppvisar en positiv påverkan på arbetsminnet (de Greeff m.fl., 2017). Dessutom har en mer nyanserad bild tagits fram i andra studier (Watson m.fl., 2017; Bidzan-Bulma & Lipowska, 2018), som menar att fysisk aktivitet som innehåller koordination och övningar som följer ett mönster i stället för bara upprepning, har en tydligare effekt på arbetsminnet.

Elever med olika kön visar inte någon signifikant skillnad i påverkan av arbetsminnet på lång sikt, vilket stämmer väl överens med tidigare metaanalyser (de Greeff m.fl., 2017; Watson m.fl., 2017). Resultaten från studien visar inte heller någon skillnad för låg- respektive högpresterande elever. Däremot finns det en indikation på att medelpresterande elever har haft en mer positiv utveckling i arbetsminnet än låg- och högpresterande elever. En sådan avvikelse kan stämma väl överens med tidigare

A Balan & J Green

forskning, som menar att arbetsminnet påverkas på olika sätt hos olika individer. Sibley och Beilock (2007) har till exempel visat att vuxna, som från början hade lägre arbetsminne, hade mest nytta av den fysiska aktiviteten. Anledningen till att lågpresterande inte har visat någon markant ökning kan bero på svårigheter med att förstå principerna i arbetsminnestestet. De deltagande lärarna i studien har rapporterat att vissa elever, i synnerhet lågpresterande, haft svårigheter med att förstå testets principer trots att en genomgång av reglerna skedde vid varje testtillfälle. Dessutom har mätningen av effekterna på arbetsminnet påverkats av det låga antalet elever fördelat på flickor/pojkar respektive låg-/högpresterande.

Skolkontexten verkar inte spela någon roll för påverkan av arbetsminnet på lång sikt. Tre av skolorna visar liknande mönster, men inte på den fjärde. En förklaring till denna avvikelse kan vara det låga antalet elever som genomförde för- och eftertestet på den fjärde skolan. Lågt antal elever innebär att en eller två avvikande individer kan ha en stor påverkan på genomsnittet.

Matematikkunskaper

Watson med flera (2017) har visat i sin metaanalys att standardiserade tester fångar upp kunskapsutveckling vid interventioner med fysisk aktivitet om dessa har pågått i mer än ett år. Kortare interventioner visar effekter enbart om testerna mäter kunskapsutvecklingen av det som har undervisats under interventionen. I den aktuella studien på fem månader har kunskapsmätningen i matematik utgått från centralt innehåll i läroplanen och inte från det som eleverna de facto har undervisats om. De deltagande skolorna använder olika läromedel, vilket har försvårat en tydlig avgränsning av innehållet i undervisningen. Detta kan förklara avsaknaden av en signifikant skillnad i prestationer mellan kontroll- och interventionsgrupp i matematik.

En annan förklaring till avsaknaden av effektskillnader kan grunda sig i fördelningen mellan låg- och högpresterande elever i kontroll- respektive interventionsgruppen. Tabell 2 visar att det finns en större andel elever med betyg A-B i matematik i K än i I och tabell 3 visar högre andel elever med minst E i alla ämnen i K än i I. Detta innebär att eleverna i I kanske hade behövt en längre tid på sig för att inhämta de kunskaper de saknade redan vid starten, samtidigt som nya kunskaper byggs upp.

En tredje förklaring till resultaten i matematik rör mätningens instrumenten. Så som det har nämnts tidigare har dessa inte motsvarat de förväntningar på reliabilitet och validitet som är nödvändiga att uppfylla vid statistiska mätningar. Det hade varit att föredra att använda normerade tester eller samma test vid alla tillfällen. Nackdelen med att använda samma test är att en viss trötthet kan uppstå av att lösa samma uppgifter flera gånger och att eleverna trots allt pratar med varandra vilket kan försvåra en pålitlig mätning.

Slutsatser

Sammanfattningsvis ger studien svar på frågan hur fysisk aktivitet kan integreras i undervisningen på ett enkelt sätt med låga, nästan obefintliga ekonomiska kostnader eller materielbehov. Att inleda med sju minuters fysisk aktivitet i början på en lek-

tion är inte heller lika kontroversiellt som att utöka undervisningstiden för idrott och hälsa. Det kräver inte heller att tid tas ifrån andra ämnen. Resultat från studien visar dessutom att effekten som mäts i koncentration och arbetsminne verkar vara oberoende av kontext, eftersom elever från skolor med olika elevunderlag och socioekonomisk bakgrund visat samma utveckling. Effekten verkar inte heller vara köns- eller prestationsberoende, vilket innebär att den fysiska aktiviteten ger kognitiva effekter för alla typer av elever.

Begränsningar och fortsatt forskning

Studiens resultat behöver tolkas i relation till de begränsningar som karakteriserar interventionen.

Den låga andelen elever som har deltagit i studien har försvårat att undersöka betydelsen av kön, prestationsnivå samt skolkontext. Att hitta parallellklasser som undervisas av samma lärare i samma årskurs och som dessutom vill delta i en studie kan vara svårt, men nödvändigt för att kunna dra bättre grundade slutsatser om effekterna av fysisk träning integrerat i undervisningen.

En annan begränsning har varit utformningen av kunskapstestet i matematik. I enlighet med tidigare forskning finns det två alternativ. Antingen bedrivs studien under en kort period under vilken deltagande lärare undervisar samma stoff som sedan testas i kunskapstestet. Alternativt bedrivs studien under mer än ett läsår med ett generellt test.

I forskningslitteraturen är det välkänt att undervisningens utformning ger en av de högsta effekterna på elevernas prestationer. Fortsatt forskning behöver adressera denna fråga och undersöka om det finns en koppling mellan olika typer av undervisning och effekten av fysisk aktivitet på kognitiva funktioner. Det är av stort praktiskt värde att veta om det finns en sådan koppling och hur den ser ut. Både pedagoger och skolledare skulle ha stor nytta av att veta i vilka sammanhang introduktionen av fysisk aktivitet ger störst effekt.

Referenser

- Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, vol. 30, nr. 4, ss. 331-351.
- Bidzan-Bluma, I. & Lipowska, M. (2018). Physical Activity and Cognitive Functioning of Children: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol.15, nr. 4, ss. 800. doi:10.3390/ijerph15040800.
- Burrows, R., Correa-Burrows, P., Orellana, Y., Almagia, A., Lizana, P. & Ivanovic, D. (2014). Scheduled physical activity is associated with better academic performance in Chilean school-age children. *Journal of Physical Activity & Health*, vol. 11, nr. 8, ss. 1600-6. doi: 10.1123/jpah.2013-0125.
- Colcombe, S. J. & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological Science*, vol. 14, nr. 2, ss. 125-130.
- Dahlin, K. I. E. (2013). *Does It Pay to Practice? A Quasi-Experimental Study on Wor-*

A Balan & J Green

- king Memory Training and Its Effects on Reading and Basic Number Skills*. (Diss.). Stockholm: Stockholms universitet.
- Fedewa, A. L. & Ahn, S. (2011). The Effects of Physical Activity and Physical Fitness on Children's Achievement and Cognitive Outcomes: a Meta-Analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, vol. 82, nr. 3; ss. 521-535.
- Fritz, J. (2017). *Physical Activity During Growth – Effects on Bone, Muscle, Fracture Risk and Academic Performance*. (Diss.). Lund: Lunds universitet.
- Gathercole, S.E., Lamont, E. & Alloway, T.P. (2006). *Working memory in the classroom*. In S. Pickering (Ed.) *Working memory and education*. London: Academic Press.
- de Greeff, J. W., Bosker, R. J., Oosterlaan, J., Visscher, C. & Hartman, E. (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 21, nr. 5, ss. 501-507. doi: 10.1016/j.jsams.2017.09.595.
- Green, C. T., Long, D. L., Green, D., Iosif, A. M., Dixon, J. F., Miller, M. R., Fassbender, C. & Schweitzer, J. B. (2012). Will working memory training generalize to improve off-task behavior in children with attention-deficit/hyperactivity disorder? *Neurotherapeutics*, vol. 9, nr. 3, ss. 639-48. doi: 10.1007/s13311-012-0124-y.
- Hillman, C. H., Castelli, D. M. & Buck, S. M. (2005). Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, vol. 37, nr.11, ss. 1967-74.
- Jansson, J. (2000). Fokuserad uppmärksamhet på koncentrationen. *Svensk idrottsforskning*, nr 2, ss. 48-52.
- Klingberg, T. (2011). *Den lärande hjärnan: Om barns minne och utveckling*. Stockholm: Natur & Kultur.
- Kilngberg, T. (2016). *Hjärna, gener & jävlar anamma: Hur barn lär*. Stockholm: Natur & Kultur.
- Käll, B. L., Malmgren, H., Olsson, E., Linden, T. & Nilsson, M. (2015). Effects of a Curricular Physical Activity Intervention on Children's School Performance, Wellness, and Brain Development. *The Journal of School Health*, vol. 85, nr. 10, ss. 704-713. doi: 10.1111/josh.12303.
- Lowden, K., Powney, J., Davidson, J & James, C. (2001). *The Class Moves! Pilot in Scotland and Wales: An Evaluation*. Edinburgh, Scotland: Scottish Council for Research in Education.
- Ma, J. K., Le Mare, L. & Gurd, B. J. (2014). Classroom-based high-intensity interval activity improves off-task behaviour in primary school students. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, vol. 39, nr. 12, ss. 1332-1337. doi.org/10.1139/apnm-2014-0125
- Maeda, J.K. & Randall, L.M. (2003). Can academic success come from five minutes of physical activity? *Brock Education*, vol. 13, nr. 1, ss. 14-22. doi: 10.26522/brocked.v13i1.40
- Mahar, M.T., Murphy, S.K., Rowe, D.A., Golden, J., Shields, A.T. & Raedeke, T.D. (2006). Effects of a classroom-based program on physical activity and on-task be-

- havior. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 38, nr. 12, ss. 2086–2094.
- Maher, J. M., Marker, J. C. & Ebert-May (2013). The Other Half of the Story: Effect Size Analysis in Quantitative Research. *CBE Life Science Education*, vol. 12, nr.3, ss. 345–351. doi: 10.1187/cbe.13-04-0082
- Mattsson, C. M., Jansson, E., & Hagströmer, M. (2016). Fysisk aktivitet - begrepp och definitioner. *FYSS 2017: fysisk aktivitet i sjukdomsprevention och sjukdomsbehandling* (3 uppl., ss. 21-34). Stockholm: Läkartidningen förlag AB
- McClelland, E., Pitt, A. & Stein, J. (2014). Enhanced academic performance using a novel classroom physical activity intervention to increase awareness, attention and self-control: Putting embodied cognition into practice. *Improving Schools*, vol. 18, nr. 1, ss. 83-100. doi.org/10.1177/1365480214562125.
- Molloy, GN. (1989). Chemicals, exercise and hyperactivity: a short report. *International Journal of Disability, Development and Education*, vol. 36, nr. 1, ss. 57–61. doi.org/10.1080/0156655890360106
- Mura, G., Vellante, M., Nardi, A.E., Machado, S. & Carta, M.G., (2015). Effects of school-based physical activity interventions on cognition and academic achievement: a systematic review. *CNS & Neurological Disorder - Drug Targets*, vol. 14, nr. 9, ss. 1194–1208.
- Norlander, T., Moas, L. & Archer, T. (2004). Noise and stress in primary and secondary children: noise reduction and increased concentration ability through a short but regular exercise program. *School Effectiveness and School Improvement*, vol. 16, nr. 1, ss. 91–99. doi.org/10.1080/092434505000114173
- Rasberry, C.N., Lee, S.M., Robin, L., Laris, B.A., Russell, L.A., Coyle, K.K. & Nihiser, A.J., (2011). The association between school-based physical activity, including physical education and academic performance: a systematic review of the literature. *Preventive Medicine*, vol. 52, (Suppl. 1), ss. 10–20. doi: 10.1016/j.ypmed.2011.01.027.
- Resaland, G.K., E. Aadland, E., Moe V.F., Aadland, K.N., Skrede, T., Stavnsbo, M., Suominen, L., Steene-Johannessen, J., Ø. Glosvik, O., Andersen, J. R., Kvalheim, O.M., Engelsrud, G., Andersen, L.B., Holme, I.M., Ommundsen, Y., Kriemler, S., van Mechelen, W., McKay, H.A., Ekelund, U. & Anderssen, S.A.(2016). Effects of physical activity on schoolchildren's academic performance: The Active Smarter Kids (ASK) cluster-randomized controlled trial. *Preventive Medicine*, vol. 91, ss. 322–328. doi: 10.1016/j.ypmed.2016.09.005.
- Ratey, J. (2013). *Spark: The Revolutionary New Science of Exercise and the Brain*. Boston: Little Brown and Company.
- Sibley, B.A. & Beilock, S. L. (2007). Exercise and working memory: an individual differences investigation. *Journal of Sport Exercise Psychology*, vol. 29, nr. 6, ss. 783-91.
- Sjöwall, D., Hertz, M. & Klingberg, T. (2017). No Long-Term Effect of Physical Activity Intervention on Working Memory or Arithmetic in Preadolescents. *Frontiers in Psychology*, nr. 8, Artikel-id 1342. doi:10.3389/fpsyg.2017.01342
- Sörquist, P., Dahlström, Ö., Karlsson, T. & Rönnerberg, J. (2016). Concentration: The

A Balan & J Green

- Neural Underpinnings of How Cognitive Load Shields Against Distraction. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10:221. doi: 10.3389/fnhum.2016.00221
- Taras, H (2005). Physical Activity and Student Performance at School. *Journal of School Health*, vol. 75, nr. 6, ss. 214-218.
- Tine, M.T. & Butler, A.G. (2012). Acute aerobic exercise impacts selective attention: an exceptional boost in lower-income children. *Educational Psychology*, vol. 32, nr. 7, ss. 821-834. doi:10.1080/01443410.2012.723612.
- Tomporowski, P.D., Davis, C.L., Miller, P.H. & Naglieri, J.A. (2008). Exercise and children's intelligence, cognition, and academic achievement. *Educational Psychology Review*, vol. 20, nr. 2, ss. 111-131. doi: 10.1007/s10648-007-9057-0
- Trudeau, F. & Shephard, R.J. (2008). Physical education, school physical activity, school sports and academic performance. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, vol. 5, nr. 10, doi:10.1186/1479-5868-5-10.
- Uhrich, T.A. & Swalm, R.L. (2007). A pilot study of a possible effect from a motor task on reading performance. *Perceptual and Motor Skills*, vol. 104, nr. 3, ss. 1035-1041.
- U.S. Department of Health and Human Services (2010). The Association Between School-Based Physical Activity, Including Physical Education, and Academic Performance. Tillgänglig <https://www.cdc.gov/healthyschools/physicalactivity/physical-education.htm> [hämtad den 3 augusti 2018 från <https://www.cdc.gov/healthyschools/physicalactivity/physical-education.htm>]
- Verburgh, L., Königs, M., Scherder, E.J. & Oosterlaan, J. (2013). Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescents and young adults: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, vol. 48, nr. 12, ss. 973-979. doi: 10.1136/bjsports-2012-091441.
- Watson, A., Timperio, A., Brown, H., Best K. & Hesketh, K. D. (2017). Effect of classroom-based physical activity interventions on academic and physical activity outcomes: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14:114, doi 10.1186/s12966-017-0569-9.
- Webster, C.A., Russ, L., Vazou, S., Goh, T.L. & Erwin, H. (2015). Integrating Movement in Academic Classrooms. *Obesity Review*, vol. 16, nr. 8, ss. 691-701. doi: 10.1111/obr.12285.
- Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F.C., Voelker, K., Fobker, M., Lechtermann, A., Krueger, K., Fromme, A., Korsukewitz, C., Floel, A. & Knecht, S. (2007). High impact running improves learning. *Neurobiology of learning and memory*, vol. 87, nr. 4, ss. 597-609.