

·临床研究·

基于加速传感器评估达到孕期活动推荐量的步数阈值分析

陈汉青¹, 张嘉鹏², 明伟杰^{1,3}, 王子莲¹

(1. 中山大学附属第一医院妇产科, 广东 广州, 510080; 2. 香港大学李嘉诚医学院公共卫生学院, 香港, 999077;

3. 香港城市大学传染病及公共卫生学系, 香港, 999077)

摘要:【目的】应用加速传感器客观评估单胎孕妇的日常活动量和步数,初步探讨符合孕期活动推荐量的每天步数阈值,为孕期活动指导提供参考。【方法】纳入2018年4月至2019年9月在中山大学附属第一医院产检的单胎孕妇,共178例,年龄为(30.0±3.0)岁。用加速传感器分别监测妊娠三个阶段的日常活动量各7d。用配套软件下载数据并用线性相关分析日常活动量(总活动、轻度活动和中等强度活动)与每日步数的关系;用线性回归分析和受试者工作特征曲线(ROC)分析符合孕期活动推荐量的每天步数阈值。【结果】每日总活动时间、久坐活动时间、轻度活动时间以及每日步数妊娠三个阶段相比的差异均无统计学意义(P 均 >0.05);平均每天中等强度活动时间随妊娠阶段增加而显著减少(25.1±16.1 vs. 23.6±16.5 vs. 21.5±16.1, min/d, $P=0.001$)。线性相关分析显示孕期每日步数与日常总活动量呈正相关(妊娠早期、妊娠中期和妊娠晚期的相关系数 r 分别为0.87, 0.83和0.86, P 均 <0.001);与轻度活动有正相关(妊娠早期、妊娠中期和妊娠晚期的相关系数 r 分别为0.79, 0.72和0.77, P 均 <0.001);与中等强度活动也有正相关(妊娠早期、妊娠中期和妊娠晚期的相关系数 r 分别为0.62, 0.53和0.55, P 均 <0.001)。线性回归分析计算达到孕期活动推荐量的每日步数阈值妊娠早期、妊娠中期和妊娠晚期分别为10 925步、11 372步和11 170步;ROC分析计算达到孕期活动推荐量的每日步数阈值妊娠三个阶段则分别为10 856步、10 480步和9 819步,曲线下面积分别为0.81、0.73和0.74(P 均 <0.001)。【结论】孕妇日常活动以步行为主。基于加速传感器评估的每天步行9 800步~11 500步可达到孕期活动推荐量。

关键词:加速传感器;妊娠;活动;步行

中图分类号:R714.7

文献标志码:A

文章编号:1672-3554(2022)05-0788-07

DOI:10.13471/j.cnki.j.sun.yat-sen.univ(med.sci).2022.0513

Analysis of Daily Steps Threshold Corresponding to Pregnancy Physical Activity Recommendation Based on Accelerometer

CHEN Han-qing¹, ZHANG Casper J.P.², MING Wai-kit^{1,3}, WANG Zi-lian¹

(1. Department of Obstetrics and Gynaecology, The First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou

510080, China; 2. School of Public Health, The University of Hong Kong, Hong Kong 999077, China;

3. School of Infectious Diseases and Public Health, City University of Hong Kong, Hong Kong 999077, China)

Correspondence to: WANG Zi-lian; E-mail: wangzil@mail.sysu.edu.cn

Abstract:【Objectives】This study aims to use accelerometer to objectively evaluate daily physical activity (PA) and steps of single pregnant women, and preliminarily explore the threshold of daily steps in line with the recommended PA during pregnancy, so as to provide PA guidance for pregnant women.【Methods】Women with singleton pregnancies who had prenatal examination in the the First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University from April 2018 to September 2019

收稿日期:2022-02-28

基金项目:国家自然科学基金(81771606)

作者简介:陈汉青,博士,副主任医师,研究方向:妊娠期糖尿病, E-mail: chenhanq@mail.sysu.edu.cn; 王子莲,通信作者, E-mail: wangzil@mail.sysu.edu.cn

continuously wore an accelerometer for 7 days for three times to measure daily PA. A total of 178 cases were included in this study with the average age 30.0 ± 3.0 years. Data were downloaded by supporting software, and the relationship between daily steps and PA (total PA, light PA and moderate PA) were analyzed by linear correlation analysis. Linear regression analysis and receiver operator characteristic curve (ROC) analysis were both used to explore the threshold steps corresponding to the physical activity recommendation.【Results】There was no difference in daily total PA, light PA and sedentary behavior time during the three trimesters ($P > 0.05$). But the moderate PA decreased with the pregnancy stages increased (25.1 ± 16.1 vs. 23.6 ± 16.5 vs. 21.5 ± 16.1 , min/d, $P = 0.001$). There was a positive correlation between total PA and daily steps during the three trimesters (The correlation coefficients r of the early pregnancy, mid pregnancy and late pregnancy were 0.87, 0.83 and 0.86, respectively, $P < 0.001$); and there was a positive correlation with light PA (r of the three trimesters were 0.79, 0.72 and 0.77, respectively, $P < 0.001$). The relationship between moderate PA and daily steps during the three trimesters also had similar results (r of the three trimesters were 0.62, 0.53 and 0.55, respectively, $P < 0.001$). The thresholds of daily steps to reach the recommended PA during pregnancy in the early, mid and late pregnancy were 10 925 steps, 11 372 steps and 11 170 steps, respectively. According to ROC analysis, the thresholds of daily steps in the three trimesters were 10 856 steps, 10 480 steps and 9 819 steps, respectively, and the areas under the curve were 0.81, 0.73 and 0.74, respectively ($P < 0.001$).【Conclusions】The daily physical activity is mainly walking during pregnancy. Based on accelerometer evaluation, daily walking 9 800 to 11 500 steps could reach the physical activity recommendation during pregnancy.

Key words: accelerometer; pregnancy; physical activity; walking

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2022, 43(5): 788-794]

孕期活动是维持母胎健康的重要措施。很多指南建议孕妇应至少有中高强度活动 30 min/d 或每周的中高强度活动不少于 150 min^[1-3]。虽然有了这些建议,但孕妇在孕期活动不足的比例高,冯雅慧等的研究显示在孕早期活动不足孕妇的比例高达 85.8%^[4]。可能原因在于孕妇很难理解这些活动建议,而且医务工作者亦缺乏相关知识指导孕妇进行活动,因而孕妇很难在日常生活中实现。杨红梅等的研究显示孕期运动知识缺乏是孕期运动欠佳的主要影响因素^[5]。既往的研究也显示成年人很难正确解释和明确指南中推荐的中高强度活动^[6]。相反,应用每日步数来评估活动,方法简单又直观^[7]。而且步行是孕妇在妊娠期的主要活动方式^[8-9],安全又能随时随地开展。已有对健康成人、青少年等的活动推荐量转换为步数阈值的研究。研究已证明应用加速传感器评估成年人活动推荐量的每天步数阈值为 7 000 ~ 8 000 步/d^[10]。符合青少年活动推荐量的步数阈值为每天 > 11 111 步^[11]。但对于符合孕妇活动推荐量的步数阈值转换目前国内外暂未见相关研究。加速传感器将躯干和肢体肌肉发力通过压电陶瓷产生形变转换为电信号,电压信号经过滤和放大,通过预先

设定的频率转换为数字信号,数字信号再通过不同的运算法则和途径输出为最终的加速度计数(counts)。经验证能有效监测活动的加速传感器 ActiGraph GT3X+(ACT)在国际上最为常用。ACT 测量人体活动的类型、持续时间、强度和变化的敏感性 > 98%,特异性 99%^[12]。因此,用 ACT 进行活动评估,能与国际接轨并进行比较^[13]。国内罕有加速传感器评估孕期活动的研究。因此本研究的目的是应用 ACT 评估孕期不同阶段的日常活动与每日步数,分析孕妇日常活动量与每日步数的关系,初步探讨符合孕期活动推荐量的每日步数阈值,为国内孕妇的活动建议提供参考。

1 材料与方法

1.1 资料来源

选择 2018 年 4 月至 2019 年 9 月在中山大学附属第一医院产科建档产检的单胎孕妇。病例入选标准:妊娠 10 ~ 14 周;年龄 20 ~ 40 岁;超声明确为单活胎,无畸形;无高血压、糖尿病等。排除标准:双胎或多胎妊娠;宫颈机能不全病史或本次妊娠有宫颈管缩短;先兆流产、前置胎盘;妊娠期糖尿病、

恶性肿瘤、精神障碍;拒绝参加研究者。

使用一般情况调查问卷收集人口统计学资料包括年龄、孕次、产次、自然流产史(有或无)、教育水平(大学以上、高中以下)、工作情况(全职工作或其他)、家庭年收入(分为年人均收入<1万元、≥1万元)、孕前体质量(kg)、身高(cm)和体质量指数(body mass index, BMI)等。

1.2 方法

入选孕妇要求在妊娠早期(孕10~14周)、妊娠中期(20~24周)和妊娠晚期(30~34周)分别佩戴1次 Actigraph GT3X+ 传感器(Pensacola, FL, USA),每次需连续佩戴7 d,包括5 d工作日和2 d周末,佩戴前及佩戴过程中均未给予活动干预。用弹性腰带将传感器固定在孕妇右侧髋部,睡觉、午休和水类活动如游泳、洗澡时摘下。每天至少需要佩戴10 h才为有效佩戴^[14],在连续7 d佩戴中至少4 d工作日和至少1 d周末有效佩戴才纳入研究。连续60 min未记录有加速度变化定义为未佩戴。

使用ActiLife软件6.13.3版本(ActiGraph, LLC)进行初始化、佩戴数据下载、佩戴时间验证。根据单位时间内活动的加速度计数(counts/min)将活动分为久坐活动(<100 counts/min)、轻度活动(100~1 951 counts/min)、中等强度活动(1 952~5 724 counts/min)和高强度活动(≥5 725 counts/min)^[15]。每阶段的平均每天久坐活动、轻度活动、中等强度活动、高强度活动时间和平均每日步数统一计算如下:【(5×有效工作日平均值)+(2×有效周末平均值)】/7。本研究经医院临床研究与动物实验伦理委员会批准,伦理批准文号为【(2017)296】。所有参与者在参与研究前均知情同意并签署了知情同意书。

1.3 统计方法

数据使用SPSS 19.0进行处理。连续变量资料用($\bar{x} \pm s$)表示并用 t 检验或重复测量方差分析。分类变量资料采用数值或百分比表示并用 χ^2 或Fisher's精确法检验。使用线性相关分析每日步数与日常各种活动量的相关性,并用线性回归分析和受试者工作特征曲线(Receiver Operator Characteristic Curve, ROC)分别计算符合孕期活动推荐量(每周中高强度活动不少于150 min^[1])的每日步数阈值,分析目标阈值的敏感性和特异性。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本结果

在2018年4月至2019年9月间一共有228例孕妇同意参加研究,有50例退出研究,主要原因包括19例妊娠期糖尿病,未佩戴或佩戴时间不足31例;最终有178例纳入研究。纳入研究的178例孕妇,年龄(30.0±3.0)岁。初产妇123例(69.1%),辅助生育技术妊娠28例(15.7%),超重肥胖者22例(12.4%;表1)。

2.2 孕期不同阶段的日常活动量

单因素重复测量方差分析结果显示平均每天

表1 178例孕妇的人口统计学特征
Table 1 Demographic characteristics of 178 cases

Variables	Cases	Percentage (%)
Age /years		
≥35	14	7.9
<35	164	92.1
Prepregnancy BMI/ (kg/m ²)		
<18.5	41	23.0
18.5-23.9	115	64.6
≥24.0	22	12.4
Education level		
College and above	164	92.1
Under high school	14	7.9
History of spontaneous abortion		
0	145	81.5
1	33	18.5
Working conditions		
Full time	142	79.8
Other	36	20.2
Parity		
0	123	69.1
1	55	30.9
Income /yuan·person ⁻¹ ·year ⁻¹		
≥10 000	87	48.9
<10 000	91	51.1

BMI: body mass index

的日常活动量妊娠早期、妊娠中期和妊娠晚期之间相比,差异无统计学意义(233.7±68.1 vs. 233.0±61.7 vs. 228.0±60.4, min/d, $P=0.087$);平均每天轻度活动时间妊娠三个阶段之间相比的差异也无统计学意义($P>0.05$);中等强度活动时间随孕周增加而显著减少(25.1±16.1 vs. 23.6±16.5 vs. 21.5±16.1, min/d, $P=0.001$)。平均每天步数妊娠三个阶段相比差异无统计学意义(11 442±3 669 vs. 11 601±3 300 vs. 11 176±3 330, 步/d, $P=0.163$;表2)。

孕妇参与的高强度活动少,平均每天<0.1 min。妊娠早期162例(91.0%)、妊娠中期166例(93.3%)、妊娠晚期164例(92.1%)孕妇没有高强度活动。

2.3 日常活动量与每日步数的关系

线性相关分析显示妊娠早期每天日常总活动量与每日步数呈强正相关($r=0.87, P<0.001$),轻度活动和中等强度活动也与每日步数呈正相关(r 分别为0.79和0.62, P 均<0.001)。妊娠中期和妊娠晚期的每天日常活动与每日步数也呈正相关(P 均<0.001;表3)。

2.4 符合孕期活动推荐量的每日步数阈值分析

用线性回归分析和ROC曲线分析符合孕期活动推荐量的每日步数阈值。线性回归分析显示妊娠早期符合活动推荐量的每日步数阈值为10 925步;妊娠中期为11 372步;妊娠晚期为11 170步(表4)。

以是否达到孕期活动推荐量为因变量,每天步数为检测变量,用ROC曲线分析妊娠不同阶段达到活动推荐量的步数阈值,结果显示妊娠早期的每日步数阈值为10 856步,曲线下面积(area under curve, AUC)为0.81,95%可置信区间(confidence interval, 95%CI)为(0.75, 0.88) ($P<0.001$),敏感性0.76,特异性0.74;妊娠中期的阈值为10 480步, AUC 95%CI为0.73(0.65, 0.80) ($P<0.001$),敏感性0.82,特异性0.53;妊娠晚期的阈值为9 819步, AUC 95%CI为0.74(0.67, 0.82) ($P<0.001$),敏感性0.91,特异性0.51。用ROC曲线计算线性回归分析计算的步数阈值的敏感性和特异性,结果显示妊娠早期阈值的敏感性为0.73,特异性为0.73;妊娠中期阈值的敏感性为0.84,特异性为0.50;妊娠晚期阈值的敏感性为0.67,特异性为0.66。

表2 妊娠三个阶段的的活动量和每日步数比较

Table 2 Daily physical activity and steps of three trimesters

Variables	Sedentary behavior (min/d)	Light PA (min/d)	Moderate PA (min/d)	Total PA (min/d)	Steps (steps/d)
First trimester	550.9±75.2	208.5±62.1	25.1±16.1	233.7±68.1	11 442±3 669
Second trimester	540.3±71.8	209.3±59.2	23.6±16.5	233.0±61.7	11 601±3 300
Third trimester	541.6±73.3	206.5±56.1	21.5±16.1	228.0±60.4	11 176±3 330
<i>F</i>	2.459	0.339	7.260	1.253	1.835
<i>P</i>	0.087	0.713	0.001	0.286	0.163

PA: physical activity.

表3 孕期不同阶段日常活动量与每天步数的线性回归分析

Table 3 Linear correlation analysis between daily physical activity and steps of the three trimesters

Variables	Light PA		Moderate PA		Total PA	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
First trimester	0.79	<0.001	0.62	<0.001	0.87	<0.001
Second trimester	0.72	<0.001	0.53	<0.001	0.83	<0.001
Third trimester	0.77	<0.001	0.55	<0.001	0.86	<0.001

PA: physical activity.

表4 两种方法分析妊娠三个阶段符合活动推荐量的每日步数阈值

Table 4 The daily steps threshold of pregnant women who met the physical activity recommendations between the two methods in the three trimesters

Trimesters	Regression analysis prediction equation	R^2	Steps(Regression analysis)	Steps(ROC analysis)
First	Steps=7 895.3+141.4×moderate PA	0.39	10 925	10 856
Second	Steps=9 106.5+105.7×moderate PA	0.28	11 372	10 480
Third	Steps=8 724.8+114.1×moderate PA	0.31	11 170	9 819

ROC: receiver operator characteristic curve; PA: physical activity.

3 讨论

3.1 孕期日常活动

活动是健康生活方式的必不可少部分。鼓励孕妇在怀孕期间积极参与活动,应成为日常健康生活的一部分^[15]。步行是孕期最常见的活动,也最受孕妇欢迎,被众多指南所推荐^[2-3,16]。本研究显示孕妇妊娠三个阶段的平均每天步数与每天总体活动均有强正相关(妊娠三个阶段每天总活动与步数的相关系数 r 在0.84~0.86之间, $P<0.001$),提示孕妇每天的活动主要为步行,与既往研究结果相仿。

3.2 孕期日常活动与步行

已有不少用加速传感器评估成人活动的研究。Saint-Maurice等的研究应用Actigraph传感器评估美国成年人每日步数,结果显示成年人平均每天走9 124步^[17]。Ferrari等^[18]的研究应用ACT评估成年女性日常生活步数,结果显示成年女性的平均每天步数为10 148.4±4 775.7步。本研究结果与上述研究结果相似,本研究显示孕妇妊娠早期每天步行11 442±3 669步,妊娠中期11 601±3 300步,妊娠晚期11 176±3 330步。Hesketh等^[19]的研究纳入100例孕妇应用加速传感器评估孕期和产后活动,结果显示妊娠中期孕妇平均每天步数为7 085.7步,妊娠晚期为7 554.2步。Darvall等^[20]的研究显示肥胖孕妇平均每天步数为5 454.9步。本研究应用线性回归分析和ROC曲线分析两种方法探讨加速传感器客观评估的符合孕期活动推荐量的每天步数阈值在9 800步至11 500步之间。研究显示Actigraph传感器监测的日常活动每日步数偏高(高估2 000步~3 000步间)^[21-22]。因此,对于孕妇日常活动中达到活动推荐量的实际每日步数约为7 000步~9 500步间。本研究显示的孕妇每日步数与既往研

究^[19-20]孕妇的每日步数有不同,可能原因在于这些研究纳入的病例中超重肥胖的病例比例高或专门针对肥胖孕妇的活动进行研究,超重肥胖孕妇与低体质量和正常体质量孕妇相比而言活动更加不便,而且孕前超重肥胖本身就是孕期活动不足的影响因素,而本研究纳入的病例中超重肥胖仅占12.4%,低体质量和正常体质量孕妇的比例超过85.0%,因而本研究中孕妇的平均每日步数相对多。本研究采用不同的方法分析显示孕妇在妊娠不同阶段的每天步数阈值相近。可能原因在于,本研究中研究对象佩戴加速传感器的时间平均每天超过14 h,真实反映了孕妇日常行为,而本研究结果显示孕妇日常行为以步行为主,而且所纳入的研究对象均是正常而且没有合并症的孕妇,步行数多为日常生活中家务、工作和交通相关活动;而且孕妇在妊娠不同阶段主动开展休闲体育相关活动的时间少,而本研究结果显示,孕妇每日的总活动量妊娠三个阶段相比,差异无统计学意义(233.7±68.1 vs. 233.0±61.7 vs. 228.0±60.4, min/d, $P=0.087$),因而研究对象在妊娠不同阶段的平均每日步数的差异没有统计学意义($P>0.05$)。

研究显示健康成人每天步行10 000步是可行的^[23]。Cao等^[24]的研究显示符合成人活动推荐量的每天步数阈值为7 700~8 000步。孕期活动指南与成人活动指南推荐的运动量一致(每周中高强度活动至少150 min),但孕妇作为特殊群体,其活动受众多因素影响,基于相同推荐量的步数阈值可能与非孕期不同。对于孕前肥胖孕妇建议每天步行11 000步^[25]。但对于健康孕妇无相关建议。研究显示每天步数超过9 100步者的高密度脂蛋白水平最高(1.9 mmol/L),每天步数与甘油三酯水平呈负相关^[26]。亦有研究显示即使孕期有长时间的中

高强度活动,但伴有长时间久坐活动的孕妇,其妊娠期糖尿病的发生风险显著升高,长时间久坐的风险超过中高强度活动带来的益处^[27]。Akins等^[28]的研究显示每天久坐活动超过13.5 h或每天步行<4 000步的病例无法从每天活动1 h中获益,缺乏活动或长时间的久坐活动阻止了活动后出现的代谢改善作用。研究显示每天步数3 000~6 000步之间为静坐活动^[10]。因此应建议孕妇减少久坐活动,适当增加活动。而当前的建议多强调中高强度活动,没有针对久坐活动。久坐活动的定义是任何消耗低代谢当量(≤ 1.5 代谢当量)的清醒行为,如坐着或躺着看书、工作等^[2]。由于孕妇的主要活动为步行,因此,日常活动中的每日总步数少常意味孕妇的久坐活动时间多;相反,每天总步数多的孕妇,其久坐活动时间相对少,即使不是中高强度活动,亦对健康有益,尤其是对于平时少活动或不活动的孕妇来说。这也与当前世界卫生组织的孕期活动建议相符合,孕期应限制久坐活动时间,增加任何强

度的活动都比不活动有益^[2]。多动少坐几乎对所有人都有益处^[29]。

总之,虽然每日总步数不能反映孕期的所有活动,但基于活动推荐量的每日总步数不但简单直观,让所有孕妇更容易理解和实施,且在保证中高强度活动的前提下保证每天的总步数可能更有利于孕妇在日常生活中达到活动推荐量,减少久坐活动。更重要的是,在孕期每天设定可实现的目标,有利于激励促进孕妇实现目标的动力,可能更有利于促使孕妇活动,减少久坐活动时间。这个基于中高强度活动推荐量的每天步数阈值可能是对现有指南的有益补充。随着具备步数监测功能的可穿戴设备如智能手环、手机的广泛应用,实时步数监测变得非常方便。基于孕期活动推荐量的每日总步数阈值,可能更有利于孕妇在日常生活中理解和执行。因此本研究在客观指导孕妇日常活动,提高活动积极性、可行性和减少久坐活动上有重要意义。

参考文献

- [1] Mottola MF, Davenport MH, Ruchat SM, et al. 2019 Canadian guideline for physical activity throughout pregnancy[J]. Br J Sports Med, 2018, 52(21): 1339-1346.
- [2] Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour [J]. Br J Sports Med. 2020, 54(24): 1451-1462.
- [3] 中国妇幼保健协会妊娠合并糖尿病专业委员会,中华医学会妇产科学分会产科学组.妊娠期运动专家共识(草案)[J].中华围产医学杂志,2021,24(9): 641-645.
Professional Committee of Gestational Diabetes Mellitus, Chinese Maternal and Child Health Association; Subgroup Obstetrics, Society of Obstetrics and Gynecology, Chinese Medical Association. Expert consensus on exercise during pregnancy (draft) [J]. Chin J Perinat Med, 2021, 24(9): 641-645.
- [4] 冯雅慧,湛永乐,吴散散,等.初产妇和经产妇孕早期体力活动的调查研究[J].中国生育健康杂志,2020,31(6): 512-516.
Feng YH, Zhan YL, Wu SS, et al. Investigation on physical activity of primiparas and multiparas women in the first trimester [J]. Chin J Reprod Heal, 2020, 31(6): 512-516.
- [5] 杨红梅,邓永芳,高玲玲.广州市孕妇孕期体力活动现状及其影响因素[J].循证护理,2017,3(3): 238-243.
Yang HM, Deng YF, Gao LL. Current status and influencing factors of physical activity in pregnant women during pregnancy in Guangzhou [J]. Chin Evidence-Based Nursing, 2017, 3(3): 238-243.
- [6] Knox EC, Taylor IM, Biddle SJ, et al. Awareness of moderate-to-vigorous physical activity: can information on guidelines prevent overestimation? [J]. BMC Public Health. 2015, 15: 392.
- [7] Althoff T, Sosič R, Hicks JL, et al. Large-scale physical activity data reveal worldwide activity inequality [J]. Nature. 2017, 547(7663): 336-339.
- [8] 王晨,杨慧霞.早孕期孕妇运动态度和体力活动情况的调查[J].中国计划生育和妇产科,2015,7(1): 54-57;+62.
Wang C, Yang HX. The survey on attitudes towards exercise and physical activity levels of early pregnant women [J]. Chin J Family Planning & Gynecotokol, 2015, 7(1): 54-57;+62.

- [9] Nascimento SL, Surita FG, Godoy AC, et al. Physical activity patterns and factors related to exercise during pregnancy: a cross sectional study [J]. *PLoS One*, 2015, 10(6): e0128953.
- [10] Tudor-Locke C, Craig CL, Aoyagi Y, et al. How many steps/day are enough? For older adults and special populations [J]. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 2011, 8: 80.
- [11] Mayorga-Vega D, Casado-Robles C, Viciano J, et al. Daily step-based recommendations related to moderate-to-vigorous physical activity and sedentary behavior in adolescents[J]. *J Sports Sci Med*, 2019, 18(4): 586-595.
- [12] Skotte J, Korshoj M, Kristiansen J, et al. Detection of physical activity types using triaxial accelerometers [J]. *J Phys Act Health*, 2014, 11(1): 76-84.
- [13] 刘阳. 基于加速度计的身体活动测量研究前沿[J]. *北京体育大学学报*, 2016, 39(8): 66-73.
Liu Y. Research progress of physical activity assessments based on accelerometers [J]. *J Beijing Sport Univ*, 2016, 39(8): 66-73.
- [14] Migueles JH, Cadenas-Sanchez C, Ekelund U, et al. Accelerometer data collection and processing criteria to assess physical activity and other outcomes: a systematic review and practical considerations [J]. *Sports Med*, 2017, 47(9): 1821-1845.
- [15] 王子莲. 妊娠期糖尿病运动治疗[J]. *中国实用妇科与产科杂志*, 2013, 29(4): 250-252.
Wang ZL. Exercise therapy for gestational diabetes mellitus [J]. *Chin J Pract Gynecol Obstet*, 2013, 29(4): 250-252.
- [16] Syed H, Slayman T, DuChene Thoma K. ACOG Committee Opinion No. 804: Physical activity and exercise during pregnancy and the postpartum period [J]. *Obstet Gynecol*, 2021, 137(2): 375-376.
- [17] Saint-Maurice PF, Troiano RP, Bassett DR Jr, et al. Association of daily step count and step intensity with mortality among US adults [J]. *JAMA*, 2020, 323(12): 1151-1160.
- [18] Ferrari G, Marques A, Barreira TV, et al. Accelerometer-measured daily step counts and adiposity indicators among Latin American adults: a multi-country study [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(9): 4641.
- [19] Hesketh KR, Evenson KR, Stroe M, et al. Physical activity and sedentary behavior during pregnancy and postpartum, measured using hip and wrist-worn accelerometers [J]. *Prev Med Rep*, 2018, 10: 337-345.
- [20] Darvall JN, Wang A, Nazeem MN, et al. A pedometer-guided physical activity intervention for obese pregnant women (the Fit MUM Study): randomized feasibility study [J]. *JMIR Mhealth Uhealth*, 2020, 8(5): e15112.
- [21] Adams MA, Johnson WD, Tudor-Locke C. Steps/day translation of the moderate-to-vigorous physical activity guideline for children and adolescents [J]. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 2013, 10: 49.
- [22] Feito Y, Hornbuckle LM, Reid LA, et al. Effect of ActiGraph's low frequency extension for estimating steps and physical activity intensity [J]. *PLoS One*, 2017, 12(11): e0188242.
- [23] Tudor-Locke C, Craig CL, Brown WJ, et al. How many steps/day are enough? for adults [J]. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 2011, 8: 79.
- [24] Cao ZB, Oh T, Miyatake N, et al. Steps per day required for meeting physical activity guidelines in Japanese adults [J]. *J Phys Act Health*, 2014, 11(7): 1367-1372.
- [25] Maxwell C, Gaudet L, Cassir G, et al. Guideline No. 391-pregnancy and maternal obesity part 1: pre-conception and prenatal care [J]. *J Obstet Gynaecol Can*, 2019, 41(11): 1623-1640.
- [26] TAho S, Vuoristo MS, Raitanen J, et al. Higher number of steps and breaks during sedentary behaviour are associated with better lipid profiles [J]. *BMC Public Health*, 2021, 21(1): 629.
- [27] Yong HY, Mohd Shariff Z, Mohd Yusof BN, et al. High physical activity and high sedentary behavior increased the risk of gestational diabetes mellitus among women with excessive gestational weight gain: a prospective study [J]. *BMC Pregnancy Childbirth*, 2020, 20(1): 597.
- [28] Akins JD, Crawford CK, Burton HM, et al. Inactivity induces resistance to the metabolic benefits following acute exercises [J]. *J Appl Physiol (1985)*, 2019, 126(4): 1088-1094.
- [29] Piercy KL, Troiano RP, Ballard RM, et al. The Physical Activity Guidelines for Americans [J]. *JAMA*, 2018, 320(19): 2020-2028.