**دانشگاه پیام نور**

**دانشکده علوم انسانی**

**گروه تربیت بدنی**

عنوان:

# مقایسه نوسانات قامت در وضعیت ایستای ورزشکاران و غیر ورزشکاران با استفاده از لیزر

جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد

استاد راهنما: **دکتر حیدر صادقی**

استاد مشاور: **دکتر ابوالفضل فراهانی**

محقق: **طیبه یزدان شناس**

مهر 89

# تقدیر و تشکر

**بر خود لازم می دانم از تمامی کسانی که در انجام این پروژه یاری ام کردند تقدیر و تشکر کنم، بخصوص از:**

**جناب آقای دکتر حیدر صادقی که همواره از کمک و راهنمایی هایشان بهره مند می شدم.**

**جناب آقای مهندس حیدری و فخری به خاطر همکاری دلسوزانه شان**

**تقدیم به پدر و مادر عزیزم**

**برادران مهربانم**

**و همسر وفادارم**

# فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**

## فصل اول: طرح تحقیق


1-1. مقدمه ..... 2
2-1. بیان مسئله ..... 2
3-1. ضرورت و اهمیت تحقیق ..... 5
4-1 . اهداف ..... 6
1-4-1. هدف کلی ..... 6
2-4-1. هدف اختصاصی ..... 6
5-1. فرضیه پژوهش ..... 7
6-1. محدودیت های پژوهش ..... 7
1-6-1. محدودیت های قابل کنترل ..... 7
2-6-1. محدودیت های غیر قابل کنترل ..... 7
7-1. تعریف مفهومی و عملیاتی واژه ها و اصطلاحات ..... 7
1-7-1. تعادل ..... 7
2-7-1. مرکز ثقل ..... 7
3-7-1. مرکز جرم ..... 8
4-7-1. سطح اتکا ..... 8
5-7-1. مرکز فشار ..... 8
6-7-1. تعادل ایستا ..... 8
7-7-1. نوسان بدن ..... 8
8-7-1. فرکانس ..... 8
9-7-1. ورزشکار ..... 9
10-7-1. غیرورزشکار ..... 9
11-7-1. لیزر ..... 9
12-7-1. دوربین فیلمبرداری ..... 9

**عنوان** **صفحه**

## فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه تحقیق


2-1. مقدمه ..... 11
2-2. مبانی نظری پژوهش ..... 11
2-2-1. اهمیت تعادل و وضعیت بدنی ..... 11
2-2-2. تئوری های تعادل ..... 12
2-2-2-1. تئوری رفلکس سلسله مراتبی ..... 12
2-2-2-2. تئوری سیستم ها ..... 13
2-2-2-3. سیستم های درگیر در کنترل تعادل و پاسچر ..... 13
2-2-2-4. مکانیزم های حرکتی در کنترل تعادل ..... 13
2-2-2-5. تون پاسچرال ..... 14
2-2-2-6. تون عضلانی ..... 14
2-2-3. عوامل درونی و بیرونی تعادل ..... 15
2-2-4. بیومکانیک مفصل مچ پا ..... 16
2-2-4-1. حرکت مفصلی ..... 16
2-2-4-2. نیروی مفصلی ..... 17
2-2-5. استراتژی های حرکتی ..... 17
2-2-5-1. استراتژی مچ پا ..... 17
2-2-5-2. استراتژی ران ..... 18
2-2-5-3. استراتژی قدم برداشتن ..... 18
2-2-6. ایستادن و سطح اتکا ..... 18
2-2-7. مکانیزم های حسی در کنترل تعادل ..... 19
2-2-7-1. نقش بینایی در کنترل ثبات پاسچرال و تعادل ..... 19
2-2-7-2. سیستم حسی پیکری ..... 19
2-2-7-3. سیستم دهلیزی ..... 19
2-2-7-4. گیرنده های فشار در پاها ..... 20
2-2-8. سیستم عصبی کنترل کننده تعادل ..... 21
2-2-9. جهت یابی پاسچرال ..... 21
2-2-10. روش های ارزیابی ..... 21
2-2-10-1. اندازه گیری های عملکرد تعادل ..... 21
2-2-10-2. ارزیابی تعادل ..... 23

**عنوان** **صفحه**


2-2-10-3. اندازه گیری های آنالیز حرکت ..... 23
2-2-10-4. اندازه گیری های نوسان بدن ..... 24
2-2-10-5. اندازه گیری های الکترومایوگرافی ..... 24
2-2-11. لیزر ..... 25
2-2-11-1. لیزر چیست؟ ..... 25
2-2-11-2. تفاوت لیزر و نور چیست؟ ..... 26
2-2-12. کاربردهای لیزر ..... 26
2-2-12-1. صنعت ..... 26
2-2-12-2. پزشکی ..... 26
2-2-12-3. نظامی ..... 27
2-2-12-4. مصارف روزانه ..... 27
2-2-12-5. علمی ..... 28
2-2-12-6. کاربردهای ویژه ..... 28
2-3. پیشینه تحقیق ..... 29
2-3-1. تحقیقات انجام گرفته در زمینه استراتژی های تعادل و عملکرد های آن ..... 29
2-3-2. تحقیقات انجام گرفته در زمینه ابزارهای مورد استفاده در ارزیابی نوسان قامت ..... 31
2-3-3. تحقیقات انجام گرفته در زمینه اندازه گیری با لیزر ..... 33
2-4. جمع بندی ..... 35


## فصل سوم: روش شناسی تحقیق


3-1. مقدمه ..... 37
3-2. نوع پژوهش ..... 37
3-3. جامعه و نمونه آماری ..... 37
3-4. ابزار اندازه گیری ..... 37
3-4-1. پرسشنامه فردی ..... 37
3-4-2. مشخصات دوربین ..... 37
3-4-3. مشخصات لیزر ..... 38
3-5. کالیبره دستگاه ها ..... 39
3-5-1. نحوه کالیبراسیون لیزر ..... 39
3-5-2. نحوه کالیبراسیون دوربین ..... 39
3-5-3.تعیین روایی لیزر ..... 40

**عنوان** **صفحه**


3-5-4. تعیین پایایی لیزر..... 40
3-6. نحوه جمع آوری اطلاعات..... 40
3-7. تجزیه و تحلیل اطلاعات..... 44


## فصل چهارم: یافته های تحقیق


4-1. مقدمه..... 46
4-2. یافته ها..... 46
4-3. آمار توصیفی..... 46
4-4. آمار استنباطی..... 50
4-4-1. اختلاف بین دو گروه (ورزشکار و غیر ورزشکار)، F.L.OE و F.Ca.OE..... 50
4-4-2. اختلاف بین دو گروه (ورزشکار و غیر ورزشکار)، S.L.OE و S.Ca.OE..... 51
4-4-3. اختلاف بین دو گروه (ورزشکار و غیر ورزشکار)، F.L.CE و F.Ca.CE..... 52
4-4-4. اختلاف بین دو گروه (ورزشکار و غیر ورزشکار)، S.L.CE و Si.Ca.CE..... 53


## فصل پنجم: بحث و بررسی


5-1. مقدمه..... 55
5-2. خلاصه تحقیق..... 55
5-3. بحث و نتیجه گیری..... 56
5-4. نتیجه گیری نهایی..... 57
5-5. پیشنهاد های عملی بر خاسته از تحقیق..... 58
5-6. پیشنهاد های تحقیقی برای پژوهشگران..... 58

ضمیمه 1..... 59
منابع..... 60

# فهرست شکل ها

**عنوان** **صفحه**


شکل 2-1، نمونه ای از کاربرد لیزر در برش کاری فلز ..... 26
شکل 2-2، نمونه ای از کاربرد لیزر در چشم پزشکی ..... 27
شکل 2-3، نمونه ای از فاصله یاب لیزری..... 27
شکل 2-4، نمونه ای از هولوگرام با استفاده از لیزر ..... 28
شکل 2-5، نمونه ای از گداخت لیزری..... 28
شکل 2-6، نمونه ای از ژیروسکوپ لیزری..... 29
شکل 3-1، دوربین فیلمبرداری سونی مدل DCR-TRV 285 ..... 38
شکل 3-2، ساختار درونی لیزر استفاده شده در این تحقیق..... 39
شکل 3-3، نمایی از جایگاه قرار گیری آزمودنی ها و ابزارهای اندازه گیری..... 40
شکل 3-4، شماتیکی از نحوه قرار گیری ابزارهای مورد استفاده شده درتحقیق..... 41
شکل 3-5، شماتیک مراحلی که اطلاعات ورزشکاران با استفاده از دوربین و لیزر ثبت شد..... 41
شکل 3-6، میانگین جابجایی ورزشکارانی که با چشمانی باز، لیزر از روبه رو تابیده می شود..... 42

# فهرست جدول ها

**عنوان** **صفحه**

جدول 3-1. مقایسه ضریب همبستگی های محاسبه شده تست های اول، دوم و سوم بین دوربین و لیزر از روبه رو و پهلو..... 40
جدول 3-2. میانگین همبستگی های محاسبه شده بین تکرار تست های لیزر و دوربین از روبه رو و پهلو ..... 40
جدول 3-3. میانگین و انحراف معیار قد، وزن و سن آزمودنی های ورزشکار و غیر ورزشکار ..... 41
جدول 4-1. خلاصه ای از نتایج بدست آمده از وضعیت جابجایی (میکرو متر) مچ پای آزمودنی های ورزشکار و غیر ورزشکار..... 47
جدول 4-2. T نمونه مستقل F.L.OE و F.Ca.OE ..... 50
جدول 4-3. T نمونه مستقل Si.L.OE وSi.Ca.OE..... 51
جدول 4-4. T نمونه مستقل F.L.OE و F.ca.OE..... 52
جدول 4-5. T نمونه مستقل Si.L.OE و Si.C.aOE..... 53

# فهرست نمودارها

**عنوان** **صفحه**

نمودار 4-1 الف. مقایسه انحراف معیارجابجایی های ورزشکاران و غیر ورزشکاران
با استفاده از لیزر و دوربین از روبه رو ..... 48
نمودار 4-1 ب. مقایسه انحراف معیارجابجایی های ورزشکاران و غیر ورزشکاران
با استفاده از لیزر و دوربین از پهلو..... 48
نمودار 4-2. میانگین جابجایی قدامی-خلفی آزمودنی های ورزشکار و غیر ورزشکار
شرکت کننده در تحقیق با استفاده از لیزر ..... 49
نمودار 4-3: میانگین جابجایی جانبی-داخلی آزمودنی های ورزشکار و غیر ورزشکار
شرکت کننده در تحقیق با استفاد ه از لیزر..... 49

## چکیده

هدف از این پژوهش ارزیابی نوسانات قامت در وضعیت ایستا ورزشکاران و غیر ورزشکاران با استفاده از لیزر و دوربین بود. آزمودنی های این پژوهش را 30 نفر دانشجو (15 نفر تربیت بدنی و 15 نفر غیر تربیت بدنی) تشکیل دادند. میانگین آزمودنی های شرکت کننده ورزشکار و غیر ورزشکار به ترتیب برای سن 2/66±22/73 و 3/00±21/36سال، قد 0/05±1/63 و 0/04±1/62 سانتی متر و وزن 8/57±56 و 9/56±59/36 کیلوگرم بود. پابند محقق ساخته ای که مارکر روی آن نصب شده بود، روی مچ پای آزمودنی هایی که در این تحقیق شرکت کرده بودند، قرار گرفت.

آزمودنی در محل در نظر گرفته شده طوری می ایستاد که یک دوربین و لیزر از نمای روبه رو و یک دوربین و لیزر از نمای جانبی قرار گرفته بود. فاصله ی لیزر ها تا مارکری که بر پای آزمودنی وصل شده 10cm و فاصله دوربین ها تا مارکر 90cm بود. اطلاعات مربوط به آزمودنی ها (جابجایی قدامی-خلفی و جانبی-داخلی) به مدت یک دقیقه با چشمانی باز و یک دقیقه با چشمانی بسته به طور همزمان با استفاده از لیزر و دوربین جمع آوری شد. به طوری که هر تست سه بار تکرار شد. از میانگین و انحراف استاندارد داده ها برای توصیف پارامترها و از آزمون T مستقل برای تعیین میانگین جابجایی نوسانات قامت آزمودنی ها (با نتایج بدست آمده از لیزر و دوربین) در سطح معنادار $\alpha<۰/۰۵$ استفاده شد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در مقایسه تاثیر چشمان باز و بسته در ورزشکار و غیر ورزشکار، ورزشکارانی که چشمانشان بسته بود، میانگین جابجایی نوسان قدامی-خلفی در حدود 87/09 درصد بیشتر از زمانی است که چشمانشان باز بود. غیر ورزشکارانی که چشمانشان باز بود، میانگین جابجایی نوسان قدامی-خلفی در حدود 85/04 درصد بیشتر از زمانی است که چشمانشان بسته بود. ورزشکارانی که چشمانشان باز بود، میانگین جابجایی نوسان جانبی-داخلی در حدود 42/99 در صد بیشتر از زمانی است که چشمانشان بسته بود و همچنین غیرورزشکارانی که چشمانشان بسته بود، میانگین جابجایی نوسان جانبی-داخلی در حدود 21/80 درصد بیشتر از زمانی است که چشمانشان باز بود.

در مقایسه نوسان قامت ورزشکاران با غیر ورزشکاران، ورزشکارانی که چشمانشان بسته بود میانگین جابجایی قدامی-خلفی در حدود 36/98 درصد بیشتر نسبت به غیر ورزشکاران نشان دادند، در حالی که غیر ورزشکارانی که چشمانشان باز بود، میانگین جابجایی قدامی-خلفی بسیار زیادی در حدود 96/93 درصد نسبت به ورزشکاران نشان دادند. از این رو می توان به این نتیجه رسید که غیر ورزشکاران زمانی که چشمانشان بسته بود تعادل قدامی-خلفی بهتری نسبت به ورزشکاران داشتند در حالی که ورزشکاران زمانی که چشمانشان باز بود تعادل قدامی-خلفی بسیار بهتری نسبت به غیر ورزشکاران نشان دادند. غیر ورزشکارانی که چشمانشان بسته بود میانگین جابجایی جانبی-داخلی بیشتری در حدود 67 درصد نسبت به ورزشکاران نشان دادند در حالی که غیر ورزشکارانی که چشمانشان باز بود میانگین جابجایی جانبی-داخلی بیشتری در حدود 26/37 درصد نسبت به ورزشکاران نشان دادند. بنابراین این نتایج نشان داد که ورزشکاران ثبات و تعادل جانبی-داخلی بهتری را نسبت به غیر ورزشکاران نشان می دهند.

نتایج عملکرد مقایسه دو ابزار مورد استفاده در اندازه گیری وضعیت قامت ورزشکاران و غیر ورزشکاران نشان داد که لیزر نسبت به دوربین انحراف معیار کمتری دارد و با توجه به این که ضریب خطای لیزر 1μm و در دوربین 1mm می باشد، می تواند دلیلی بر این مدعا باشد که لیزر از دقت عمل بهتری نسبت به دوربین برخوردار می باشد، ضمن اینکه اختلاف معنی داری بین میانگین های دوربین و لیزر از روبه رو و پهلو در دو گروه آزمودنی ورزشکار و غیر ورزشکار در سطح معناداری $\alpha<۰/۰۵$ مشاهده شد.



کلید واژه ها: ورزشکاران، غیر ورزشکاران، نوسانات قامت، تعادل ایستا، لیزر و دوربین.

# فصل اول

# طرح تحقیق

## 1-1. مقدمه

یکی از عوامل آمادگی جسمانی که ارتباط نزدیکی با اجرای مهارتها دارد، تعادل[1] است. در واقع تمامی رشته های ورزشی بر حسب شرایط اجرایی حرکات خود به نوعی با تعادل سروکار دارند، با این وجود در برخی از رشته های ورزشی، اهمیت حفظ تعادل بیشتر بوده و موفقیت ورزشکار تا حد زیادی به آن بستگی دارد. دلیل اهمیت تعادل در ورزشها مربوط به این اصل می شود که حرکت و توقف حرکت به ترتیب ناشی از به هم زدن ثبات و برقراری ثبات در وضعیت بدن ایجاد می شود. در این شرایط، قوانین مکانیکی که حاکم بر اجرای مهارتها هستند باید به کار برده شوند تا موفقیت در اجرا را بدون لغزش بدنی تضمین نمایند[4].

تعادل در آدمی، وضعیتی فیزیولوژیک_مکانیکی است که مرکز ثقل را در محدوده سطح اتکا نگه می دارد. هنگامی که ساختار اسکلتی در تعادل باشد، سیستم مکانیکی بدن از حداکثر کارایی برخوردار است و در این شرایط انتظار می رود حداقل انرژی مصرف شود. در این شرایط از لحاظ ساختار اسکلتی بدن در وضعیت مناسب و هنجار قرار می گیرد و راستای طبیعی قامت حفظ می شود در حالی که خروج از این وضعیت، ناهنجاری وضعیت به شمار می رود که عموماً به دلایل محیطی، کارکرد نادرست عضلات، مفاصل و عادات نامناسب حرکتی پدید می آید[3]. از همین رو آشنایی با راستای طبیعی بدن و درک پدیده تعادل ساختار آدمی، مقدمه ای برای شناخت وضعیت های هنجار و ناهنجار بدن به شمار می آید [3]. با توجه به اهمیت موضوع تعادل در مطالعات پایه ای، درمانی و ورزشی، محققان در تلاش بوده که روش مناسبی برای اندازه گیری و ارزیابی این پدیده را در اختیار قرار دهند. حاصل تلاش محققان، ساخت ابزارهایی بوده است که هر کدام از مزایا و محدودیت هایی برخوردار هستند. در این تحقیق با توجه به مزایا و محدودیت های دستگاه های ساخته شده قبلی، تلاش شده است تا با توجه به پیشرفت تکنولوژی در عصر حاضر، ارزیابی کیفی عملکرد وسیله ای که با مزایای دقت و ظرافت بیشتر برای اندازه گیری تعادل طراحی شده است، پرداخته شود.

## 2-1. بیان مسئله

تعادل به عنوان توانایی حفظ وضعیت بدن برای انجام فعالیت های ارادی و مقابله با اغتشاش های درونی یا بیرونی تعریف می شود [77]. در حالی که از لحاظ بیومکانیکی تعادل به عنوان حفظ مرکز جرم بدن در محدوده سطح اتکا تعریف شده است [94]. حفظ تعادل مناسب و طبیعی بدن، در بسیاری از فعالیت های روزانه و حین حرکت ورزشی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. مطالعات مختلف بر روی صفحه نیرو[2] (سکوی نیرو) نشان دادند که کنترل تعادل، تنها یک پاسخ واکنشی به تحریک حسی نمی باشد بلکه یک فعالیت سازمان یافته توسط سیستم عصبی مرکزی است که در کلیه فعالیت های واکنشی و یا از پیش تعیین شده انجام می گیرد و توسط تجربیات و اهداف حرکتی قبلی می تواند تغییر و یا تطابق یابد. از همین رو تعادل، مهارتی است که با آموزش می توان موجب بهبود آن شد [53و94].

تغییرات و جابجایی تولید شده در بدن در حالت ایستاده را «نوسان بدن»[3] گویند. نوسان مرکز ثقل بدن یا به عبارت دیگر کنترل قامت از طریق هماهنگی بین سیستم عصبی مرکزی با درون دادهایی از سیستم بینایی، دهلیزی و حسی– پیکری کنترل می شود [85 و99]. میزان نوسان مرکز ثقل به عنوان شاخصی برای تعیین میزان پایداری و تعادل قامت در

1. Balance
2. Force Plate
3 . Body Sway

بررسی عملکرد تعادلی سیستم عصبی- عضلانی به کار برده می شود [16]. محققین مختلفی به بررسی الگوهای فعالیت عضلانی یا استراتژی های حرکتی پرداخته و این الگوهای حرکتی را به سه دسته تقسیم بندی کرده اند: استراتژی مچ پا[1]، ران[2] و قدم برداشتن[3] . اولین استراتژی کنترل کننده نوسان در وضعیت ایستاده استراتژی مچ پاست که حول مفصل مچ پا متمرکز است. این استراتژی در موقعی که نیروی بر هم زننده تعادل کوچک و سطح اتکا سفت باشد به کار می رود. استراتژی ران برای باز گرداندن تعادل در برابر نیروهای بر هم زننده بزرگتر، سریعتر و در وضعیت بسیار آشفته و یا در زمانی که سطح اتکا کوچکتر از پا است مورد استفاده قرار می گیرد. وقتی استراتژی مچ و ران برای بازگرداندن تعادل کافی نباشد از استراتژی قدم برداشتن برای حفظ تعادل استفاده می شود [2]. در بسیاری از فعالیت های روزانه اغتشاش های بیرونی از اولین ناحیه تماسی بدن با زمین یعنی مچ پا به بدن اعمال می گردند. بنابراین، مفصل مچ پا به عنوان اولین ناحیه ای که برای برگرداندن و حفظ تعادل فرد باید وارد عمل شود، مطرح می باشد. عملکرد مناسب ناحیه مچ پا و مطرح بودن این ناحیه برای فراهم ساختن حس عمقی مناسب، برای تصحیح قامت و بازگرداندن تعادل توسط آن و نواحی بالاتر، نقش این ناحیه را به عنوان ناحیه ای مهم و کلیدی در حفظ تعادل با اهمیت تر می سازد [9،52،62 و99].

اگر چه دلایل فیزیولوژیکی اثرات نوسان[4] ناشناخته مانده است، با این وجود پژوهشگران تئوری فعال سازی گیرنده های حس پیکری، بازتاب تونیکی نوسان، کاهش تاخیر الکترومکانیکی، افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی، فعال سازی عضله و نظریه تعدیل عضلانی، تحریک سیستم عصبی مرکزی و هماهنگی عصبی عضلانی را بیان کرده اند [26،29،31،71،75 و101]. در سال 1986 دو محقق به نامهای شام وی کوک و ولیکت[5] با تکیه بر تئوری سیستم ها روشی را ابداع کردند که در آن با ایجاد تغییر در اطلاعات سیستم های حسی، توانایی فرد در حفظ تعادل با اندازه گیری میزان نوسان بدن در حالت ایستاده سنجیده شد. این روش بر این باور تدوین شده است که بدن در حالت ایستاده کاملا ساکن نبوده، مرکز ثقل با نوسانات خفیفی که حول محور مچ پا و بیشتر در صفحه ساجیتال رخ می دهد روی سطح اتکا حفظ می شود [93]. استراتژی های کنترل قامت اصولاً با الگوی فعال و سینماتیک بدن مشخص می شود [89].

آنالیزهای سینماتیکی نیز نشان می دهد که حرکت بدن به طور برجسته در مفصل مچ پا انجام می شود. اگر چه بعضی از حرکات کوچک در ران نیز مشاهده شده است. این آنالیزها نشان می دهد که فلکشن تنه با اکستنشن مچ پابه طور همزمان انجام می شود. در آنالیزهای گشتاور مفصلی نیز مشاهده شده است که افزایش گشتاور فلکشن ران در برابر گشتاور پلانتار فلکشن مچ پا، طی انتقالات سریع آشکار شده است [61]. با توجه به هدف از انجام این تحقیق که به ارزیابی کیفی عملکرد دستگاه طراحی شده برای نوسانات قامت در بین ورزشکاران و غیر ورزشکاران است به برخی از مطالعاتی که در این حوزه، روش های مختلف ارزیابی تعادل انجام شده است اشاره می شود. متیوس و همکاران[6] در سال 1986 و برگ و همکاران[7] در سال 1989، تست های تعادلی متفاوتی را توسعه داده و معرفی کردند [74و19]. ارا و همکاران[8] در سال 1996، وینگ و همکاران[9] در سال 1995، بریگس و همکاران[10] در سال 1989، چانگ و کریبز[11] در سال 1999 و جانتون و همکاران[12] در سال 1999 اندازه گیری های متفاوتی از تعادل را با اطلاعات تعادلی مناسب در طی ایستادن را توسعه و

1 . Ankle Strategy
2 . Hip Strategy
3 . Step Strategy
4 . Vibration
5 . Shumway-Cook & Woollacoott
6 . Mathias & et al
7 . Berg & et al
8 . Era & et al
9 . Wing & et al
10 . Briggs & et al
11 . Chang & Krebs
12 . Juntunen & et al

ارائه نمودند [23،28،37،60 و108]. وینتر و همکاران[1] در سال 1990 اعلام نمودند که یک تکنیک منفردی وجود ندارد که بتوان از آن به عنوان شاخص درستی از کل یکپارچگی سیستم کنترل تعادل استفاده کرد [109]. در استفاده کلینیکی، اندازه گیری میزان تعادل عملکردی مثل: برخاستن و راه رفتن، مقیاس تعادلی برگ[2]، دسترسی عملکردی و دیگر میزان های عملکردی جهت دار در ارزیابی تعادل استفاده شده است [100،56،34،19و111]. در تست دسترسی عملکردی، اندازه گیری توانایی حرکت مرکز ثقل تا مرز به تعادل در آمدن را اندازه گیری می کند و در تست برخاستن و راه رفتن که وضعیت قامت افراد سالمندی که اغلب در موقعیتهایی که در حال افتادن بودند را منعکس می کند. اما محدودیت هایی در ارزیابی تست های عملکردی وجود دارد از جمله اینکه بستگی به میزان (از 1 تا 5 در برخاستن و راه رفتن) آن دارد، که فقط مقداری از توانایی های تعادل در آزمودنی ها را توصیف می کند.

اندازه گیری عملکرد جهت دار ثبت شده احتمال افتادن افراد سالمند را پیشگویی کند [20و33]. مقیاس تعادلی برگ برای ارزیابی عملکرد تعادل برای افراد سالمند و همچنین در بیمارانی که دچار سکته مغزی شده اند طراحی شده است [20،97و32]. ازجمله محدودیت های تست این است که نمی تواند جزئیات اختلالات اطلاعاتی را در سیستم کنترل قامت فراهم کند [56]. اندازه گیری نوسان بدن با تکنولوژی ساده ای چون نوسان متر یا تعادل سنج ورایت[3] نیز انجام شده است [24،70،79 و80]. نوسان متر جابجایی بدن را از ناحیه کمر اندازه گیری می کند در حالی که تعادل سنج ورایت می تواند نوسان حرکت زاویه ای بدن را حول محور مفصل مچ پا اندازه گیری کند. این تعادل سنج قادر است نوسان تنه را تنها در جهت قدامی-خلفی[4] بررسی کند. انحراف سنج[5] نیز روشی است توسعه یافته که اطلاعاتی را درباره نوسان بدن فراهم می کند [79و104].

سیستم نیرویی-ویدیویی[6] برای جمع آوری اطلاعات نیرویی استفاده می شود. این سیستم شامل صفحه نیروی پیزوالکتریک کامپیوتری و دو دوربین ویدیویی که در فاصله 4 متر (در سطح ساجیتال) و 8/5 متر (در سطح فرونتال) از صفحه نیرو واقع شده است. داده ها برای 30s با نمونه فرکانس 50Hz جمع آوری می شود [67]. یکی از معروف ترین سیستم آزمایشگاهی محاسبه ارزیابی وضعیت ثابت بدن، اندازه گیری نوسان قامت آزمودنی که بر روی صفحه نیرو ایستاده است می باشد [36و63]. قاعده اصلی که در آزمون صفحه نیرو از آن استفاده می شود این است که نیروی ناشی از فعالیت عضلانی، در هر دو موقعیت یعنی مرکز ثقل هوریزونتال ونیروی عکس العمل بررسی می شود [37]. کینی لیپیر و همکاران[7] در سال 1997 نوسان قدامی-خلفی و جانبی بدن، جانتنیون و همکاران در سال 1987 طول مسیر نوسان، اخدال و همکاران[8] در سال 1989 منطقه نوسان بدن و هایتون و همکاران[9] در سال 1993 و همچنین فیگرا و همکاران[10] در سال 1991 سرعت نوسان بدن را مورد بررسی قرار دادند [60،58،38،35 و63]. به طور خلاصه، ابزارها و روش های مختلفی برای ارزیابی تعادل وجود دارد. لیکن هر کدام با محدودیت هایی مواجه هستند. از آنجایی که یکی از مسائل اصلی و مهم مورد نظر محققان، دقت و اندازه گیری جزئی تغییرات به ویژه در شرایط ایستایی است و با عنایت به اینکه در تعادل ایستا، تغییرات و جابجایی مرکز ثقل در محدوده سطح اتکا بسیار جزئی است، وجود ابزاری که بتواند تغییرات جزئی را ثبت نماید لازم و ضروری است. در تحقیقات حاضر برای ثبت این تغییرات معمولاً از آزمودنی ها خواسته می شود تا به صورت تصنعی

1 . Winter & et al
2. Berg’s Balance Test
3. Wright Ataxiameter
4. Anterior-Posterior
5. Inclinometry-based
6. Video Force
7. Kinney Lapier & et al
8. Ekhdahl & et al
9. Hytonen & et al
10. Figura & et al

به بدن خود در جهات قدامی-خلفی و داخلی-میانی[1] حرکت ایجاد نمایند. از این رو برای ارزیابی نوسانات قامت برای اینکه اطلاعات به طور واقعی ثبت شود نیاز به دستگاهی است که دقت اندازه گیری آن بالا باشد تا بتواند تغییرات جزئی نوسانات را ثبت کند. تحقیق حاضر نوسانات قامت ورزشکاران و غیر ورزشکاران با استفاده از ابزار جدید طراحی شده که بر پایه تکنولوژی لیزر طراحی شده است، مورد ارزیابی قرار گیرد.

سوال اصلی تحقیق این است که:

1- آیا دستگاه لیزر می تواند به عنوان ابزاری برای ارزیابی نوسانات وضعیت قامت در تعادل ایستای[2] ورزشکاران و غیرورزشکاران مورد استفاده قرار گیرد؟

2- آیا اطلاعات جمع آوری شده با لیزر نسبت به روش های آزمایشگاهی رایج ( استفاده از دوربین) دقیق تر است؟

## 1-3. اهمیت و ضرورت تحقیق

در فعالیتهای روزمره نیازمند حفظ و داشتن تعادل مناسب هستیم. شاید بتوان گفت که ایجاد تعادل تا حد زیادی نیازمند رعایت قوانین فیزیکی خاص توسط بدن است، اگر چه قابلیت های بدنی نظیر قدرت و استقامت عضلانی نیز ممکن است در آن درگیر باشند. وقتی صحبت از تعادل می شود موضوع اصلی که مطرح می شود مرکز ثقل است که ارتفاع مرکز ثقل، وسعت سطح اتکا و محل مرکز ثقل نسبت به سطح اتکا از عوامل تاثیر گذار بر تعادل است که با مقدار وزن و توزیع پراکندگی آن در اندام های مختلف در ارتباط است[4].

تعادل از اجزا جداناپذیری است که تقریبا در همه فعالیت های روزانه برای عملکردهای ورزشکار مورد نیاز است [84و11]. به طوری که گامبتا و گری در سال 2000 بیان داشتند که تعادل، مهمترین بخش توانایی ورزشکار است و تقریبا در هر شکلی از فعالیت ها درگیر می باشند[52]. از نظر بیومکانیکی، تعادل به عنوان توانایی حفظ یا برگشت مرکز ثقل بدن (COG) در محدوده پایداری که توسط سطح اتکا تعیین می شود تعریف می گردد. تعادل پویا[3] به عنوان حفظ مرکز ثقل بدن در محدوده سطح اتکا (BOS)[4] یا حرکت فعال مرکز فشار (COP) در حین انجام یک مهارت زمانی که قسمتی از سطح اتکا در انجام آن مهارت درگیر نباشد تعریف می گردد. از همین رو در حفظ و ارزیابی وضعیت پاسچر پویای بدن، اهمیت دارد [84].

تعادل مهارت حرکتی پیچیده ای است که پویایی پاسچر بدن را در جلوگیری از افتادن توصیف می کند [84]. اگر چه کنترل تعادل از سه جنبه نروفیزیولوژیکی، بیومکانیکی و عملکردی[5] (عملیاتی) قابل بررسی است، با این وجود، تعادل تعریف جامع و مشخصی که مورد تایید متخصصان باشد و معیار استانداردی که بتواند آن را اندازه گیری کند وجود ندارد[18و83]. تعاریف تعادل بر حسب نوع اطلاعات و پیشینه های علمی که محققان استفاده کرده اند متغیر است و اندازه گیری آن بستگی به اینکه چه اطلاعات و داده ای مورد نیاز است و چرا، متفاوت می باشد [84]. واژه های توازن[6]، پایداری پاسچر[7] و کنترل پاسچر[8] به عنوان مترادف کنترل تعادل استفاده شده اند [61،94و56]. از جنبه نروفیزیولوژیکی، تعادل سطوح مختلف مکانیزم های کنترل تعادل می باشد. اما از نظر بیومکانیکی تعادل را می توان تحت عنوان توانایی حفظ یا

1. Medio-Lateral
2. Static Balance
3. Dynamic Balance
4. Base Of Support
5. Functionally
6. Equilibrium
7. Postural Stability
8. Postural Control

برگشت مرکز ثقل بدن در محدوده پایداری[1] (LOS) (توسط محدوده سطح اتکا یعنی سطح کف پا که روی آن تکیه داده شده مشخص می شود) بدون افتادن تعریف کرد [56]. تعادل به نیروهای اینرسی که بر بدن اعمال می شوند و ویژگی های اینرسی بخش های بدن مرتبط می شود. به عنوان LOS محدوده ای است که بدن در آن بدون تغییر BOS وضعیت خود را حفظ کند [88].

از جنبه تئوری، تعادل را به دو صورت ایستا و پویا تعریف می کنند. توانایی حفظ COG در محدوده BOS عموما به عنوان تعریف تعادل ایستا استفاده می شود و تعادل پویا، تحت عنوان حرکت فعال مرکز فشار COP حین ایستادن، راه رفتن یا هر مهارت دیگر تعریف می شود[84]. از نظر عملکردی (عملیاتی) تعادل را به صورت ایستا (حفظ یک وضعیت با کمترین حرکت)، نیمه پویا (حفظ یک وضعیت در حالی که سطح اتکا جابجا شود) و پویا (حفظ ثبات سطح اتکا در حالی که یک حرکت توصیف شده اجرا می شود) دسته بندی کرده اند [43]. اندام هایی که وضعیت ایستا، نیمه پویا و پویا را کنترل و تنظیم می کنند یکسان می باشند اما مکانیزم ها و استراتژی های کنترل تعادل در این وضعیت ها متفاوت عمل می کند[84]. به طور مثال در حین یک وضعیت کاملا ایستا، تعادل معمولا توسط مچ پا و عضلات آن حفظ می شود. اما فعالیت مچ پا حین راه رفتن جهت حفظ تعادل به تنهایی کافی نمی باشند [113]. این امر به دلیل همبستگی پایین بین آزمون های تعادل ایستا، نیمه پویا و پویا می باشد [81،92 و102]. به همین دلیل برای ارزیابی و اندازه گیری هر کدام از آزمون های منحصر به فرد با هدف خاص استفاده می شود [84]. در آزمون های تعادل ایستا، هدف حفظ و نگهداری COP در محدوده BOS با حداقل حرکت ممکن حین ایستادن یا نشستن می باشد [113].

با توجه به اینکه تغییرات جابجایی اندام ها در وضعیت تعادل ایستا، از مسایل اصلی و مهم در مطالعات بیومکانیکی می باشد و عدم وجود دستگاهی که بتواند به طور واقعی به ثبت این تغییرات بپردازد، یافتن وسیله ای مناسب یکی از دغدغه های پژوهشگران می باشد. در مطالعاتی که در حوزه نوسانات قامت در وضعیت ایستا انجام شده است، از دوربین های بسیار پیشرفته استفاده می شود که به دلیل محدودیت های دوربین ها در اندازه گیری های جزئی، محققان ناچار هستند تا از آزمودنی ها بخواهند تا به صورت مصنوعی در وضعیت قامت حرکت ایجاد نمایند. این امر موجب شده است تا این محدودیت، نتایج اطلاعات جمع آوری شده را به نحوی زیر سئوال ببرد. با توجه به کاربرد لیزر در اندازه گیری های بسیار دقیق و ثبت تغییرات دستگاهی بر پایه تکنولوژی لیزر طراحی شده است که پژوهشگر در نظر دارد تا به بررسی قابلیت این دستگاه در ثبت تغییرات جزئی اندام ها در وضعیت تعادل ایستا بپردازد. در صورت بالا بودن کیفیت دستگاه طراحی شده برای ثبت این تغییرات روش اندازه گیری و ارزیابی کنترل قامت (تعادل) از دقت مطلوب تری برخوردار خواهد شد.

## 1-4. اهداف

### 1-4-1. هدف کلی

ارزیابی نوسانات قامت در وضعیت ایستای ورزشکاران و غیر ورزشکاران با استفاده از لیزر و دوربین

### 1-4-2. اهداف اختصاصی

1- تعیین روایی لیزر در ارزیابی وضعیت قامت ورزشکاران و غیر ورزشکاران در تعادل ایستا

2- تعیین پایایی لیزر در ارزیابی وضعیت قامت ورزشکاران و غیر ورزشکاران در تعادل ایستا.

3- مقایسه تعادل ایستای ورزشکاران و غیر ورزشکاران با استفاده از لیزر.

4- مقایسه اندازه گیری وضعیت قامت ورزشکاران و غیر ورزشکاران در تعادل ایستا با استفاده از دو دستگاه لیزر و دوربین

1. Limits Of Stability

## 1-5. فرضیه پژوهش

1- بین روایی لیزر در ارزیابی وضعیت قامت ورزشکاران و غیر ورزشکاران در تعادل ایستا رابطه وجود دارد.

2- بین پایایی لیزر در ارزیابی وضعیت قامت ورزشکاران و غیر ورزشکاران در تعادل ایستا رابطه وجود دارد.

3- بین تعادل ایستای ورزشکاران و غیر ورزشکاران با استفاده از لیزر اختلاف معنی داری وجود دارد.

4- بین اندازه گیری وضعیت قامت ورزشکاران و غیر ورزشکاران در تعادل ایستا با استفاده از دو دستگاه لیزر و دوربین اختلاف معنی داری وجود دارد.

## 1-6. محدودیت های پژوهش

### 1-6-1. محدوده قابل کنترل

آزمودنی های تحقیق را دانشجویان دختر رشته تربیت بدنی و غیر تربیت بدنی تشکیل دادند.

### 1-6-2. محدودیت های غیر قابل کنترل

1- کنترل استرس و حالات روانی آزمودنی ها در طول انجام تست های تعادل

2- کنترل دقیق میزان فعالیت های متفرقه آزمودنی ها قبل از انجام آزمون

## 1-7. تعریف مفهومی و عملیاتی واژه ها و اصطلاحات

### 1-7-1. تعادل

**تعریف مفهومی:** تعادل یا کنترل پاسچر عبارت است از کنترل وضعیت بدن در فضا به منظور ثبات[1] و جهت یابی[2]. کنترل پاسچر به منظور ثبات و آگاهی، مستلزم ادراک[3] ( یکپارچگی اطلاعات حسی جهت ارزیابی و تشخیص وضعیت و حرکت بدن در فضا) و عمل[4] (توانایی تولید نیروها برای کنترل سیستم های وضعیت بدن) می باشد [51].

**تعریف عملیاتی:** در این تحقیق تعادل به توانایی حفظ یا برگشت مرکز ثقل بدن (COG) در محدوده پایداری (LOS) توسط سطح اتکا (BOS)، چه سطح اتکا ثابت باشد چه در حال حرکت باشد تعریف می شود [21].

### 1-7-2. مرکز ثقل

**تعریف مفهومی:** مرکز ثقل نقطه ای است که جرم در اطراف آن به صورت کاملا مساوی توزیع شده است [3].

**تعریف عملیاتی:** در این تحقیق، مرکز ثقل یا گرانیگاه یک جسم نقطه ای است که جرم جسم در آن متمرکز شده است. مرکز ثقل بدن نقطه ثابتی در قسمت ویژه ای از بدن نیست، با تغییر وضعیت بدن موقعیت مرکز ثقل نیز تغییر می یابد.

1. Stability
2. Orientation
3. Perception
4. Action

### 1-7-3. مرکز جرم[1]

**تعریف مفهومی:** مرکز جرم، مرکز ثقل و یا نقطه تعادل، محلی است که تمام نقاط و ذرات جسم، پیرامون آن به صورت متعادل توزیع شده اند (مجموع جرم بدن در آن نقطه متمرکز می شود) [6].

**تعریف عملیاتی:** در این تحقیق، مرکز جرم نقطه‌ای است که به نمایندگی از کل جسم یا کل ذرات یک سیستم می‌تواند بیانگر حرکت سیستم یا جسم باشد. به بیان دیگر، فرض می‌شود که کل نیروهای وارد بر سیستم بر مرکز جرم اعمال می‌شود.

### 1-7-4. سطح اتکا

**تعریف مفهومی:** سطح اتکا محلی است که یک شی در حالت تعادل آن را اشغال کرده است [3].

**تعریف عملیاتی:** در این تحقیق، سطح اتکا به محدوده ای گفته می شود که مرکز ثقل یک فرد می تواند در درون آن بدون آنکه فرد دچار سقوط شود، حرکت کند را گویند.

### 1-7-5. مرکز فشار

**تعریف مفهومی:** مرکز فشار نقطه ای است که برآیند تمام نیروهای بدن از این نقطه به زمین وارد می شود [109].

**تعریف عملیاتی:** نقطه ای که در آن، برآیند نیروی تماس به طور لحظه ای روی شی عمل می کند و مقادیر مرکز فشار و مولفه های افقی نیرو، میزان جابجایی های افقی مرکز جرم و نوسانات قامتی را منعکس می کند.

### 1-7-6. تعادل ایستا

**تعریف مفهومی:** وقتی جسمی در حال سکون باشد و در آن هیچ گونه حرکت انتقالی و یا چرخشی دیده نشود آن جسم در حال تعادل ایستاست [6].

**تعریف عملیاتی:** در این تحقیق، تعادل ایستا به کنترل نوسانات قامتی در حین ایستادن ساکن را گویند.

### 1-7-7. نوسان بدن[2]

**تعریف مفهومی:** حرکات کوچک نوسانی بدن به دور یک محور، در حالی که فرد کاملا متعادل ایستاده است. گاهی در یک دوره زمانی پس از ایجاد اختلال در تعادل فرد مورد بررسی قرار می گیرد که نوسان وضعیتی یا نوسان قامت هم نامیده شده است [79].

**تعریف عملیاتی:** در این تحقیق تعریف عملیاتی نوسان بدن مشابه با تعریف مفهومی آن می باشد.

### 1-7-8. فرکانس[3]

**تعریف مفهومی:** به تعداد سیکل هایی که در یک ثانیه تولید می شود و یا به طور کلی به تغییراتی که متحرک در یک ثانیه انجام می دهد را فرکانس گویند که واحد آن بر حسب هرتز است.

---

5. Center of Mass
1. Posture Sway
2. Frequency

**تعریف عملیاتی:** در این تحقیق تعریف عملیاتی فرکانس مشابه با تعریف مفهومی آن می باشد.

### 1-7-9. ورزشکار[1]

**تعریف مفهومی:** واژه ورزشکار به فردی اطلاق می شود که حداقل، 3-5 جلسه تمرین در هفته به طور منظم و مداوم داشته باشد و حداقل فعالیت بدنی وی در هر جلسه تمرین بین 20-60 دقیقه باشد.

**تعریف عملیاتی:** در این تحقیق ورزشکار به فردی اطلاق می شود که حداقل دو بار در هفته و حداقل فعالیت بدنی آن 30-60 دقیقه باشد.

### 1-7-10. غیر ورزشکار[2]

**تعریف مفهومی:** فردی که به غیر از مواردی که برای رفع نیاز های روزانه خود انجام می دهد تحرک و فعالیت بدنی دیگری نداشته باشد.

**تعریف عملیاتی:** در این تحقیق تعریف عملیاتی غیر ورزشکار مشابه با تعریف مفهومی آن می باشد.

### 1-7-11. لیزر[3]

**تعریف مفهومی:** لیزر به معنای تقویت نور، توسط تشعشع تحریک شده است که براساس پدیده رزونانس کار می کند، به طوری که خروجی آن دارای یک میدان مغناطیسی همسان است.

**تعریف عملیاتی:** در این تحقیق تعریف عملیاتی لیزر مشابه با تعریف مفهومی آن می باشد.

### 1-7-12. دوربین فیلمبرداری

**تعریف مفهومی:** تهیه یک مجموعه عکس با فاصله های زمانی منظم از یک موضوع متحرک به منظور بررسی و تحلیل حرکت.

**تعریف عملیاتی:** در این تحقیق از دوربین فیلمبرداری به منظوراستفاده از تصاویر متحرک برای ضبط اطلاعاتی در مورد حرکت پیوسته انسان استفاده می شود.

1. Athlete
2. Non Athlete
3. Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Laser)